كل شئ عن
٢٥
الوراثة
تأليف
جوديث راندال
ترجمة
الدكتور حسين فهمى فراج
مراجعة
الدكتور كامل منصور
دار المعارف

الوراثة

نشر هذا الكتاب بالاشتراك
مع
الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية
القاهرة

الطبعة الأولى : سنة ١٩٦٨
الطبعة الثانية : سنة ١٩٧٣
الطبعة الثالثة : سنة ١٩٧٦
الطبعة الرابعة : سنة ١٩٧٩

كلّ شيء عن ٢٥

الوراثة

تأليف
جوديث راندال

ترجمة
الدكتور حسين فهمي فراج

مراجعة
الدكتور كامل منصور

تصوير
روبرت دمارستي

الناشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج. م. ع.

المشتركون فى هذا الكتاب

المؤلفة : جوديث راندال :

جوديث راندال : تخرجت فى جامعة ولسلى . التحقت لمدة عام بجامعة كولومبيا كزميلة بمنحة روكفلر فى مشروع التأليف العلمى الخاص . فازت عام ١٩٦٣ بأول جائزة من الجمعية الطبية البيطرية بولاية نيويورك لتفوقها فى الكتابة عن الطب البيطرى .

تعمل محررة بالمجلة الطبية « سپكترم » (Spectrum) وقد نشرت مقالاتها الطبية والعلمية فى مجلات عدة .

المترجم : الدكتور حسين فهمى فراج :

الدكتور حسين فهمى فراج : أستاذ لمادة البكتريولوجيا بكلية الطب البيطرى بجامعة القاهرة ، كما يقوم بتدريس نفس المادة بجامعة أسيوط . نال درجتى البكالوريوس والماجستير فى العلوم البيطرية من جامعة القاهرة ، ودرجة الدكتوراه فى فلسفة مادة الميكروبيولوجيا من كلية العلوم بجامعة كانساس بأمريكا عام ١٩٤٧ .

قام بإجراء خمسة وعشرين بحثاً فى الميكروبيولوجيا نشرت بالمجلات العلمية المصرية والأمريكية ، كما قام بترجمة كتاب « صحة جارك من شأنك » وهو من الكتب التى أصدرتها مؤسسة فرانكلين من ضمن سلسلة « الثقافة العائلية » .

المراجع : الدكتور كامل منصور :

الدكتور كامل منصور : تخرج فى جامعة لندن سنة ١٩٢٥. حصل على درجة الدكتوراه فى العلوم من الجامعة نفسها سنة ١٩٣٥ . كان أستاذاً لعلم الحيوان بكلية العلوم جامعة القاهرة ، ثم عميداً لكلية العلوم جامعة عين شمس ويشغل حالياً منصب أستاذ غير متفرغ بكلية العلوم جامعة عين شمس .



محتويات الكتاب

صفحة

صفحة





وراثة الحياة

هل تذوقت برتقالة وكان مذاقها كمذاق اللحم المشوى ؟ وهل سمعت عن كلب يموء كالقط أو شاهدت شخصاً يطير كالطير ؟

الإجابة بالنفى طبعاً . فمذاق البرتقال ليس كمذاق « اللحم المشوى » والقطط وحدها هى التى تموء ، كما لا يمكن لإنسان أن يطير

ومن جهة أخرى قد لا تكون تلك الأسئلة سخيفة بالدرجة التى تبدو عليها .

ولكن ما الذى يجعل كل كائن حى يبدو بالكيفية التى هو عليها ؟ .

إن البحث عن هذه المعرفة لا بد أن يكون قد بدأ منذ القدم منذ خُلق الإنسان . فحتى فى عصور ما قبل التاريخ ، وقبل اكتشاف الكتابة ، بدأ الإنسان يلاحظ أن النبات والحيوان والأطفال تشبه الآباء عادة . إن فى الصور التى تركها لنا آباؤنا لأكبر دليل على ذلك .

ثم إن معلوماتنا عن سبب كون أعيننا عسلية كأعين أمهاتنا ، بدلا من أن

تكون زرقاء كأعين آبائنا ، أو لماذا تكون للدببة صغار من جنسها ولا يكون لها جراء (صغار الكلاب) ترجع إلى عهد حديث . فني خلال المائة العام الأخيرة فقط بدأ الناس يفهمون علم الوراثة . ولكن ما زال أمامنا شوط كبير لاستجلاء غوامضها .

وعندما كانت المدنية فى أول عهدها كانت معتقدات الناس عن الوراثة مبلبلة إلى حد أنهم اعتقدوا أن الحيوان يمكن أن يولد عن طريق السحر ، بل كان الإغريق الأقدمون كلما وقعت أعينهم على مهر يقفز حول أمه يقولون : « انظر : إنه ولد لأن أمه أعطت ظهرها للرياح الشرقية » ! .

يعتبر سلوك الحيوان متوارثاً بصفة عامة



وفضلا عن ذلك فإن الأقدمين لم يكونوا يعرفون تماماً أى الكائنات الحية يمكن أن تتزاوج لتنجب أطفالا . وربما كنت قد قرأت شيئاً عن أسطورة « مينوتور » الشهيرة فى التاريخ اليونانى القديم . فقد كان « المينوتور » ، وحشاً مخيفاً نصفه على شكل إنسان ونصفه على شكل ثور ، وكان يعيش فى جزيرة كريت حتى صرعه البطل ثيسيوس . وكان طعام هذا الوحش مقصوراً على لحم البشر حتى بلغ عدد ضحاياه سنوياً سبعة فتيان وجهاء ، وسبع فتيات حسناوات .

ولم تكن لدى الإغريق وحدهم تلك الأفكار العجيبة حول خيوط الحياة التى تربط الأجيال المتلاحقة بعضها ببعض . فعندما يرى الناس أشياء تحدث ويعجزون عن إدراك كيفية حدوثها تأخذ بهم الظنون كل مأخذ فى تفسير ما حدث وقد مكثت بعض هذه المعتقدات الخاصة بالوراثة زمناً طويلا .

وفى القرن السابع عشر عندما وقع نظر أول أوربى على الزرافة ، لاحظ أنها مبرقشة وأن لها سناماً صغيراً ورقبة طويلة . ولما لم يكن الأوربيون يعرفون إلا القليل عن الحيوانات الأفريقية والقليل النادر عن الوراثة ، فقد اعتقدوا أن أحد والدى الزرافة ، لا بد أن يكون جملا والآخر فهداً ، ولذلك أطلقوا على الزرافة اسم « الجمل الفهد » .

ومن حسن الحظ أن الناس كثيراً ما يستغلون العلم فى حياتهم العملية قبل تفهمهم له . وكذلك الحال فى الوراثة . فحتى فى عصور ما قبل التاريخ كان الفلاحون الأقدمون يجمعون بذور السلالات المختلفة من النبات الواحد لتهجينها واستنباط نتاج أفضل . وأنبتت هذه النباتات زرعاً منها مما يثبت أنها من نوع واحد . وقد وجد العلماء حبوباً من القمح من إيران وآسيا الصغرى يرجع عهدها إلى حوالى ٩٠٠٠ سنة . وبتحليل تلك الحبوب على ضوء معلوماتنا الحالية عن الوراثة اكتشف الخبراء أن هذه الحبوب ما هى إلا نتاج من تهجين نوع معين من الحبوب مع نوع آخر . ويسمى تهجين السلالات المختلفة من نوع واحد

من النبات بالتهجين المختلط العائلى .

وللتهجين المختلط بين الحيوانات تاريخ طويل أيضاً ؛ فقد عمل الأقدمون على تزاوج الخيل بالحمير لإنتاج فصيلة قوية من حيوانات العمل شديدة المراس ، وهى البغال . غير أنه كثيراً ما يؤدى التزاوج بين الحيوانات المختلفة إلى نتاج عقيم .

وبرغم التقدم فى تربية النبات والحيوان فإن عقول الناس ما زالت قاصرة عن تفهم الأسباب الخفية التى تمكن الكائنات الحية من نتاج ذرية من نفس نوعها . وظلت تلك الأسباب أسراراً غامضة حتى بدأ العلماء فى تجاربهم مع الطبيعة وتتبعوا نتائج تلك التجارب : ثم قاموا بتخطيط تجارب جديدة على هدى نتائج التجارب السابقة ؛ وهى ما تعرف « بالطريقة العلمية » والتى ترجع إلى عهد قريب. ففى خلال مائة عام حلت النتائج العلمية محل التخمينات التى تدور حول الوراثة مصحوبة بالبراهين المتزايدة فيما يحدث فعلا .

وباستخدام الطرق العلمية يقوم العالم بدور المخبر ، وكما يقوم المخبر باستخدام الكلاب البوليسية وبصمات الأصابع واستدعاء الشهود لاستجلاء الأدلة، يجب على العالم أن يستخدم طرقاً عديدة مختلفة للبحث عن الحقيقة .

ومن الطبيعى أن يكون لدى المخبر شىء من الإلهام . وفى الواقع فإن موهبة الخيال تعتبر من أهم صفات العالم ، ولكن على كل من العالم والمخبر ألا يعتمدا على الإلهام بطريقة مطلقة . فكلاهما يجب أن يستغله كنقطة البداية فقط ، ثم يستخلص منها الحقائق . ففى الحقائق وحدها البرهان والدليل .

والحقائق هى شرايين العلم ونبض حياته . وهى نوعان ، فيمثل أولهما الحقيقة التى تقول إن الجازولين هو الذى يحرك الآلة ، ويمثل النوع الثانى كيف يحرك الجازولين الآلة .

ويتناول علم الوراثة هذين النوعين من الحقائق . وفى الواقع فإن أجهزة الوراثة هى التى اكتشفت أولا وسنتناولها فى الجزء الأول .



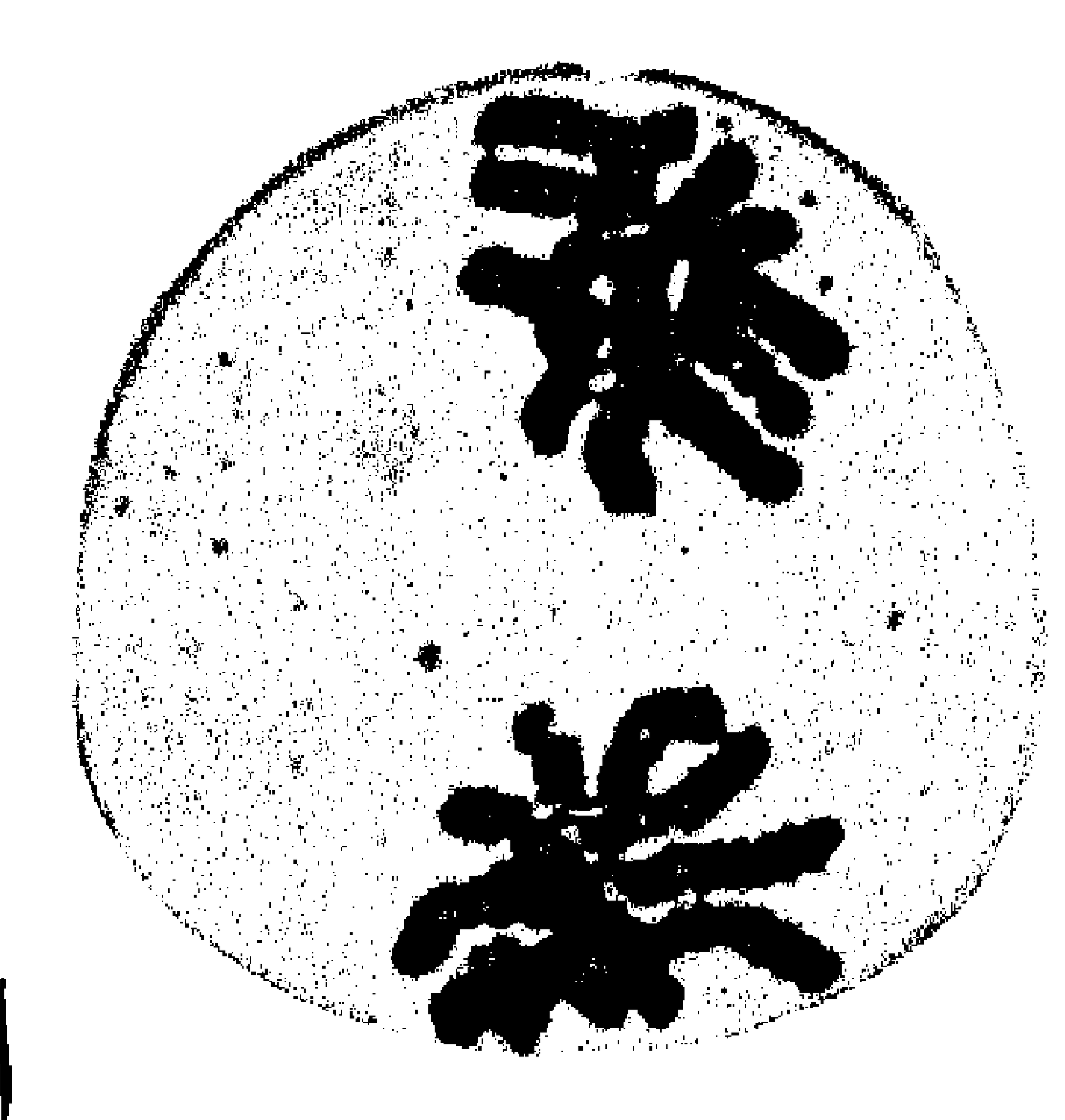
موريس ه . ف – ولكنز من كلية كنجز بلندن – مع نموذج المادة الكيمائية د ن أ (DNA) وهو من أهم الاكتشافات فى تطور علم الأحياء . وقد كان من بين الفائزين بجائزة نوبل عام ١٩٦٢ لبحوثه التى أجراها على مادة د ن أ .

وقد تمكن العلماء حديثاً من معرفة تركيب هذه الأجهزة وكيفية عملها . كما توصلوا إلى معرفة كيمياء الوراثة . وكان لتلك الاكتشافات الفضل فيما وصل إليه العلم عن الكائنات الحية . ومن أجل ذلك فقد سمى الجزء الثانى من هذا الكتاب « بثورة فى علم الأحياء » .

إننا نعاصر علماء كباراً ، لا يمر يوم دون استجلاء لغز من ألغاز الكائنات الحية وكيف تبدو بالكيفية التى هى عليها وكيف يمكن تحسينها .

وقد زودنا علم الوراثة بأسلحة جديدة فى مكافحة المرض والحصول على غذاء أفضل ومحصولات زراعية كنا فى أشد الحاجة إليها تقاوم الآفات والأمراض . وربما تأتى لنا اكتشافات المستقبل بعلاج شاف للأمراض المستعصية . وقد نهتدى إلى معرفة كيف بدأت الحياة فى عصور ما قبل التاريخ .

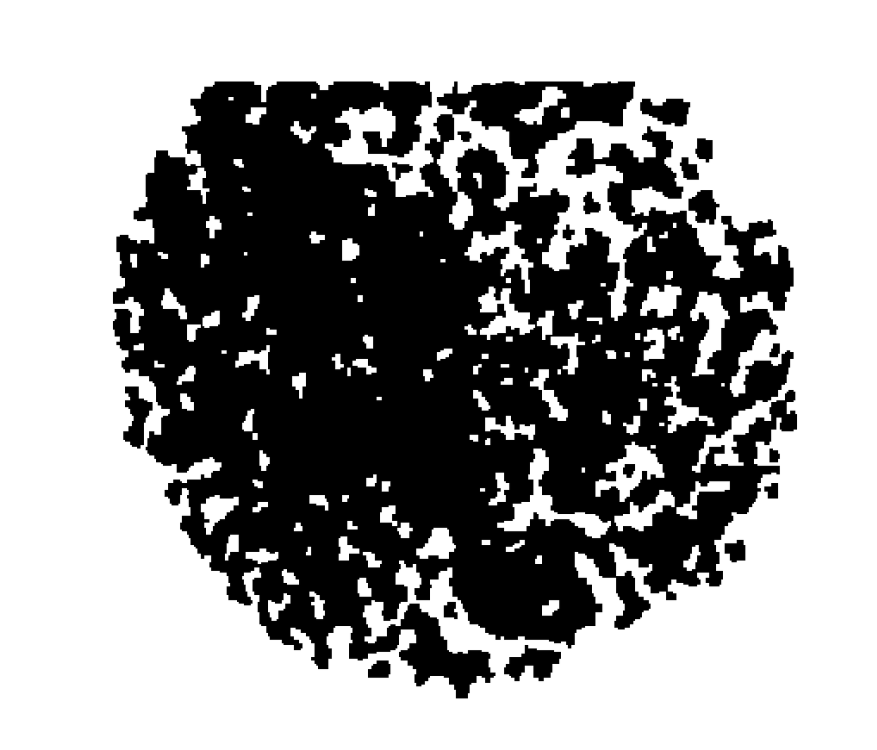
وفضلا عن ذلك ، فإن معلوماتنا عن الوراثة تمكننا من حياة أطول ومعيشة أفضل من ذى قبل .



الجزء الأول

إطار الوراثة







جريجور مندل - مؤسس علم الوراثة

كان مؤسس علم الوراثة واسمه جريجور مندل رجلا مغموراً لا يُعرف عنه سوى القليل حتى بعد وفاته .

وقد ولد مندل من أبوين فقيرين فى ٢٢ من يوليو سنة ١٨٢٢ فى قرية صغيرة تدعى « هينزندورف» تتبع حالياً تشيكوسلوفاكيا ، غير أنها كانت قطعة من النمسا فى ذلك الوقت . وفى تلك الأيام كانت أسر القرويين ، ومن بينها أسرة مندل ، تعيش فى أكواخ متواضعة فى أراضى النبلاء . وكانوا يقومون بفلاحة الأراضى دون أجر ، وذلك مقابل سكناهم .

غير أن أنطون مندل - والد مندل - كان أوفر حظاً ، إذ كان أول من امتلك مزرعة خاصة من بين أسرته . وكان يعمل دون أجر ثلاثة أيام فى الأسبوع من أجل السيد الذى كان يمتلك الأرض أصلا . ولم تكن الأسرة تمتلك من المال إلا القليل ، وكان عيشهم شظفاً .

وبدأ الطفل — وقد أطلقوا عليه اسم هانز — يعاون أباه فى البستان وهو لا يزال صغير السن وكانا يقومان أحياناً بتطعيم الأشجار ، وذلك بعمل فتحة فى فرع شجرة وتثبيت غصن شجرة أخرى فيها .وقد كان المزارعون يستخدمون تلك الطريقة منذ قديم الزمان ؛ إذ كانوا يعتقدون عن صواب أنها تنتج محصولات أوفر كمية وأفضل . وما زالت تلك الطريقة تستعمل حتى الآن . وفى عملية التطعيم لا بد من إدماج جزء من كائن حى فى كائن حىّ آخر . وقد تكون تلك العملية هى التى أثارت فضول مندل عن الوراثة وأوحت إليه بأعماله فيما بعد .

إن الحقبة الأولى من حياة مندل تمثل قصة كفاح نحو التعلم . فنى العادة كان يقتصر تعليم أبناء المزارعين على مدرسة القرية . غير أن مندل الصغير كان قد سمع عن مدرسة ذات متسوى أعلى على بعد أميال ، وألح على والديه فى السماح له بالالتحاق بها . وكان ذلك فى الواقع تضحية كبيرة من الأسرة التى كانت فى أشد الحاجة إلى معاونته إياها . ولما كان مندل قد أظهر تقدماً فى تلك المدرسة فقد سمحوا له بمواصلة الدراسة فى مدرسة أعلى . وفيما عدا ذلك لم يقدموا له سوى مساعدات ضئيلة . وكان معظم طعامه الخبز والزبد ، إذ لم تسمح موارده بشراء طعام أفضل .

وكان مندل يأمل فى الالتحاق بالجامعة . غير أن آماله تحطمت عندما أصيب والده فى حادث وساءت صحته .

وعندما بلغ العشرين من عمره وجد أنه « لا يمكن الاستمرار فى تحمل هذه المشاق تحت ظروف هذا الحرمان » . ولما كان مندل ورعاً للغاية فقد قرر أن يتخلى عن « مرارة الكفاح فى سبيل لقمة العيش » والتحق بأحد الأديرة بالقرب من بلدة برون . وفى عام ١٨٤٧ وبعد أربع سنوات من الاستعداد أصبح راهباً على المذهب الأوجستينى ، ونصب قسيساً .

وبعد فترة وجيزة طلبت مدرسة قريبة من الدير مدرساً ليعمل بصفة مؤقتة فاختير مندل لهذه المهمة مع وعد بإبقائه بصفة مستديمة إذا اجتاز الاختبارات



جريجور مندل

الحكومية ، ولكنه رسب . غير أن رسوبه كان خيراً له إذ ترك مندل فى نفوس الممتحنين أثراً كبيراً مما حدا بهم أن يقنعوا رؤساءهم بإلحاقه بجامعة فيينا ؛ وإذن فقد تحققت له فرصة التعليم العالى التى طالما تاق إليها .

وبعد دراسة عامين عاد مندل إلى برون حيث قام بتدريس العلوم فى مدرستها الثانوية ، وكانت أياماً سعيدة ، فقد أحب عمله ووجد وقتاً كافياً لإجراء تجاربه فى هوايته المحبوبة ألا وهى كشف طلاسم الوراثة .

وكانت تجاربه بسيطة للغاية ؛ لقد حاول الباحثون من قبله حل مسائل عديدة دون تمهل ، فى حين قرر مندل بعقله الراجح دراسة نبات معروف بحيث يتتبع كل صفة على حدة ، وأجرى تجاربه فى حديقة الدير على البازلاء التى تنبت بالحدائق .

ولاحظ مندل أن البازلاء ليست كلها سواء فبعضها طويل . والآخر

قصير . كما تختلف ألوانها ما بين أصفر وأخضر . وبعض أزهارها ملونة ، وبعضها الآخر أبيض . ثم قام بتهجين السلالات الطويلة بالقصيرة ، والخضراء بالصفراء ،وذات الأزهار الملونة بالأخرى ذات الأزهار البيضاء ،وكان يشير إلى تلك النباتات بزهو وافتخار قائلا لزواره : « إنها أطفالى » .

وفيما يلى ما اكتشفه مندل :

عندما هجنت النباتات الطويلة بالأخرى القصيرة كانت أبناؤهما كلها طوالا .

ولكن عندما لقحت تلك الأبناء الطويلة كان حوالى ثلاثة أرباع الجيل الثانى طويلا والربع فقط قصيراً .

وبسبب اكتساح الطول للقصر فى هذه البازلاء المهجنة فقد أطلق مندل على هذا الطول اسم « الصفة السائدة » والقصر بالصفة المتنحية (المتوارية) .

كما وجد أيضاً أن اللون الأصفر هو السائد على اللون الأخضر فى البذور (البازلاء التى نأكلها هى بذور النبات) ، وفى الأزهار كان اللون الأحمر هو السائد على الأبيض .

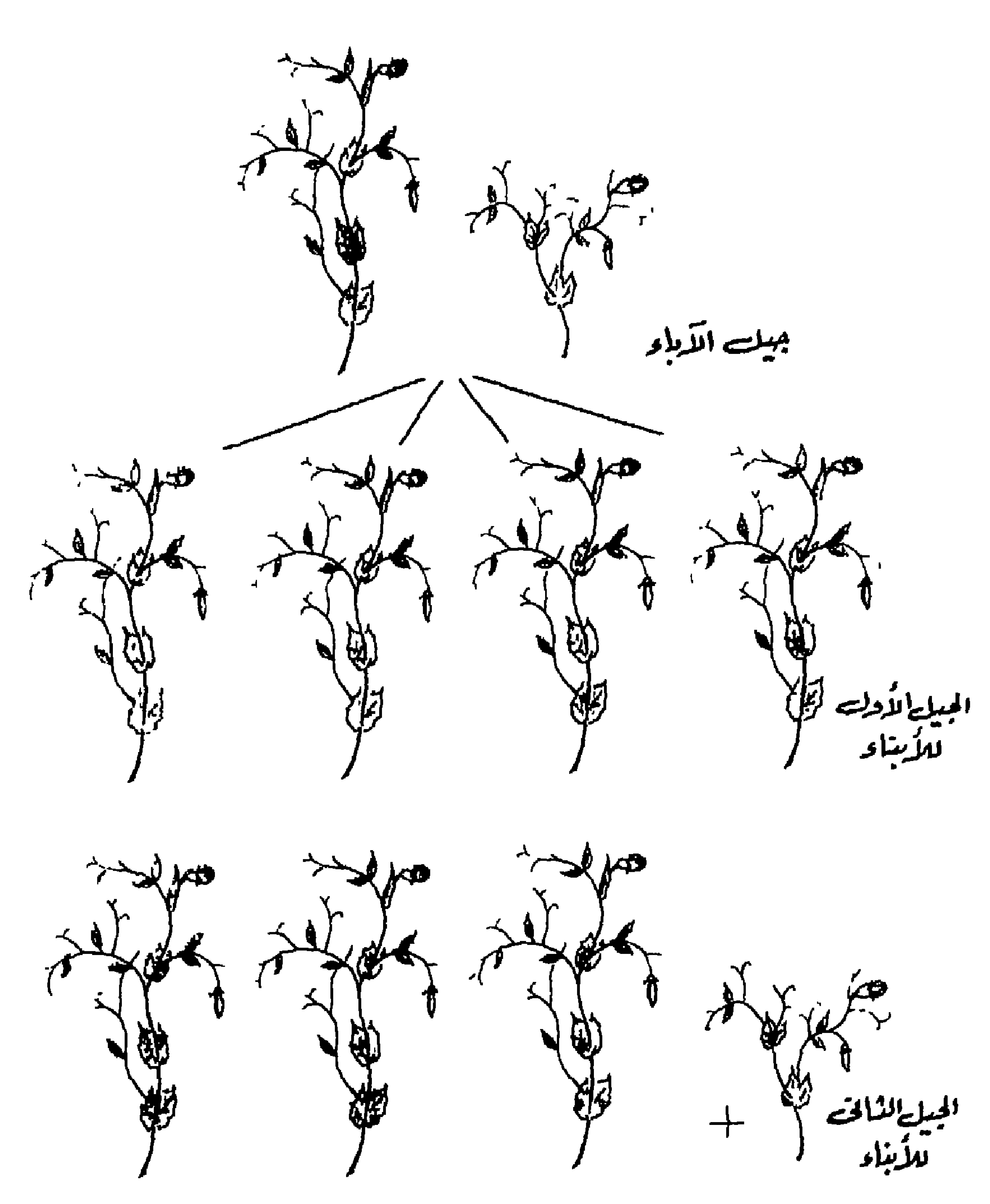
ثم أطلق العلماء من بعده لفظ جينات (genes)[1] على العوامل التى تتحكم فى كل من الصفات السائدة والمتنحية . واشتق هذا الاسم من كلمة عنصر أو أصل اليونانية .

ويختص علم الوراثة بدراسة الجينات . ومندل هو مؤسس هذا العلم الحديث. وتعتبر النتائج التى حصل عليها مندل فى تجاربه على نبات البازلاء نموذجاً لما يحدث فى كل كائن حىّ .

وبرغم الاكتشافات العديدة التى اهتدى إليها مندل فقد كان يشغله شىء هام يريد معرفة كنهه — ماذا يحدث لو أن النباتات التى يربيها اختلفت فى صفتين بدلاً من صفة واحدة ؟ .

---

(١) ترجم المجمع اللغوى كلمة جينات إلى « مورثات » . وهناك ترجمة أخرى لتلك الكلمة هى « ناسلات » . ولكننا فضلنا استعمال الكلمة الأصلية نظراً لشيوع استعمالها وقوة دلالتها . (المترجم)



تبين هذه الصورة كيف وجد مندل أن جينات الطول هى السائدة فى نبات البازلاء ، وأن جينات القصر هى المتنحية . وعند ما تم تهجين سلالة نقية طويلة بسلالة قصيرة كان كل أفراد الجيل الأول من الأبناء طويلاً . وعند ما هجن اثنان من تلك النباتات المهجنة أنتجت من الجيل الثانى سلالات طويلة وأخرى قصيرة بنسبة ٣ : ١ . وتخضع جينات الإنسان لنفس هذه القوانين الأساسية للوراثة .

واختار البازلاء مرة أخرى لإجراء تلك التجارب . وكانت بذور النبات ذات الصفة السائدة فى الجينات ممتلئة مستديرة صفراء ، فى حين كانت بذور النبات ذات الصفة المتنحية منكمشة متجعدة خضراء .

ثم ماذا يحدث لو تم تهجين إحداها بالأخرى ؟ وهل ستكون البذور المستديرة دائماً صفراء فى الجيل الثانى والبذور المتجعدة دائماً خضراء ؟ .

وكما يفعل كل العلماء الثقات أعاد مندل تجاربه لعدة مرات ، وقام فى كل مرة بتهجين النباتات ذات الصفة السائدة بالنباتات ذات الصفة الكامنة المتنحية ، وكان الجيل الثانى يتكون دائماً من نباتات ذات بذور مستديرة صفراء . ووجد أن التهجين فى هذه النباتات يشمل كلاً من لون البذور وشكلها ؛ إذ عندما كان مندل يلقح الجيل الأول من الأبناء بعضها ببعض كانت النتائج فى الجيل الثانى تأتى كما يلى :

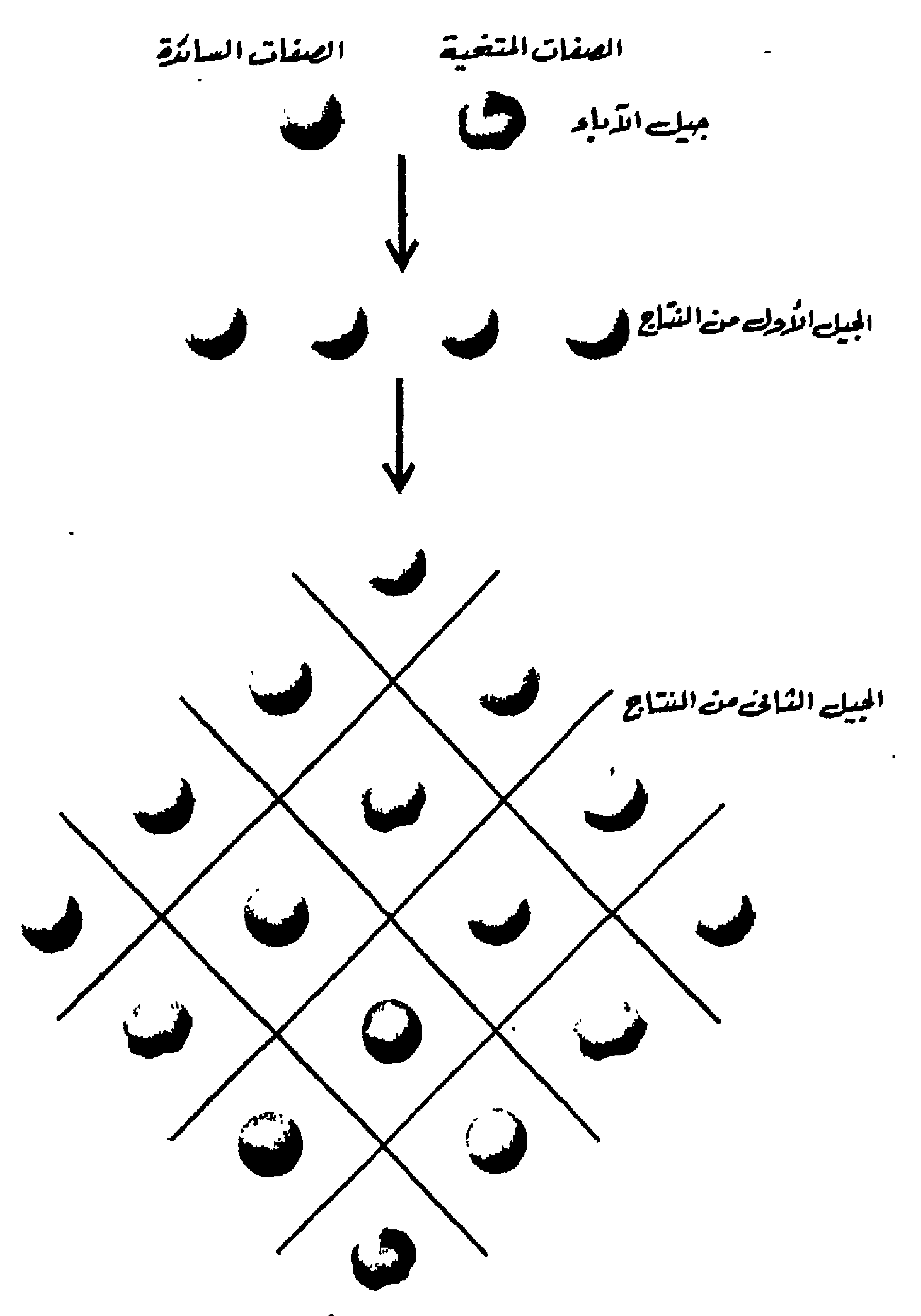
من كل ١٦ نباتاً كان ٩ منها ذات صفات أصلية سائدة — بذور مستديرة صفراء ، ونبات واحد ذو صفة متنحية ، أى إن بذوره متجعدة خضراء .

أما النباتات الستة الأخرى فكان لكل منها صفة واحدة سائدة وأخرى متنحية . ومن بين تلك المجموعة كان لثلاثة نباتات بذور مستديرة خضراء ، وللثلاث الأخرى بذور متجعدة صفراء .

واستخلص مندل من هذه التجارب اكتشافات هامة أخرى . إذ كان يبدو أن لون البذور لم يكن يتأثر بكونها مجعدة أو مستديرة . كما لم ترتبط شكل البذور ولا تركيبها بحال من الأحوال بلونها .

ودرس مندل سبعاً من هذه الصفات فى البازلاء ، وكانت تبدو كل صفة مستقلة عن الأخرى ، فاستخلص من ذلك أن صفات الآباء تتوزع فى اتحاد جديد عندما تتكون الذرية ، وأن الاتحاد فى ذرية معينة يتقرر فقط بالمصادفة المحضة .

وقد اكتشف مندل القوانين الرئيسية التالية فى الوراثة :



قام مندل بتهجين سلالة نقية من نبات ذى صفتين سائدتين وأخرى نقية ذات صفتين متنحيتين فكان للجيل الأول من الأبناء كلتا الصفتين السائدتين .

وعند تهجين هذه النباتات وعددها ١٦ كانت ٩ منها لها كلتا الصفتين السائدتين ونبات واحد له الصفتان المتنحيتان . أما الستة الباقون فلكل منها صفة واحدة سائدة وأخرى متنحية .

يتحكم فى كل صفة فى البازلاء عاملان — الجينات — واحدة تورث من كل أب .

هذه الجينات إما سائدة وإما متنحية .

يمكن لكل نبات بازلاء جديد أن يرث اثنين من الجينات السائدة، أو اثنين من الجينات المتنحية — أو واحدة سائدة وأخرى متنحية .

توزيع الجينات السائدة أو المتنحية من الآباء للذرية يخضع للمصادفة المحضة .

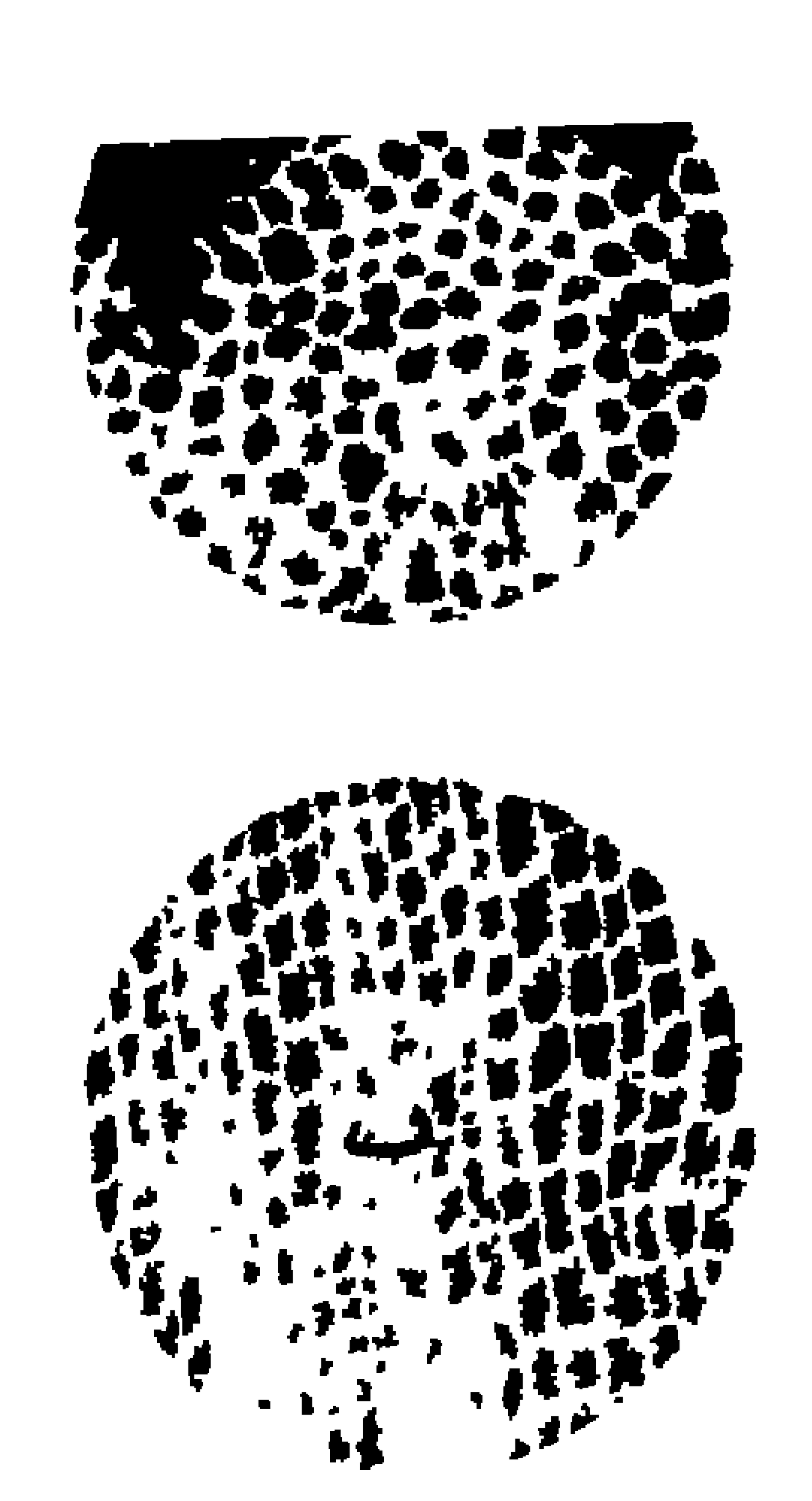
وبعد ثمان سنوات من العمل الشاق — بعد أن أجرى أكثر من ١٠,٠٠٠ تجربة — أصبح مندل على استعداد لمشاركة الآخرين ثمرة جهاده .

وسرعان ما وجد القسيس النمسرى فرصته ، ففى ٨ من فبراير سنة ١٨٦٥ تحدث عن نتائج بحوثه فى اجتماع جمعية التاريخ الطبيعى فى برون . ثم أضاف تفاصيل أخرى فى اجتماع مارس ، غير أن المستمعين لم يظهروا تحمساً كبيراً . ونشرت بحوثه فى مجلة علمية كمسألة روتينية .

وكتب مندل إلى عالم سويسرى خطاباً ولم يجئه الرد إلا بعد وقت طويل ، وكان رداً جافاً إذ قال له : « يحسن بك أن تجرى تجاربك على نبات آخر » .

وقبل مندل مشورته ظناً منه أن هذا العالم أفضل منه علماً . غير أن التجارب الجديدة فشلت ، فاضطر مندل إلى هجر العلم وتفرغ لأمور أخرى ، وكان يردد : « ستواتينى الفرصة فيما بعد » .

غير أن الفرصة تأخرت كثيراً ، إذ وافته المنية عام ١٨٨٤ ، وكان قد ازداد وزنه ولم يعد قادراً على العمل فى حديقته ، ولم يكن يدرى وقتئذ أنه سيصبح من المشاهير . وانقضت ست عشرة سنة قبل أن يتنبه العالم إلى أن قسيساً متواضعاً فى دير نمسوى هادئ قد توصل إلى كشف من أعظم الاكتشافات على مر الأيام .



اكتشاف الخلايا

ليس كل عالم من العلماء القدامى يموت مغموراً بين قومه الذين عاصروه .

فى القرن السابع عشر عاش فى هولندا تاجر أقمشة وكانت له هواية عجيبة . وكان اسمه أنطونى فان ليفنهوك ويقيم فى مدينة دلفت . ومن حسن حظ العلم أنه كان يهتم بهوايته الخاصة بجمع العدسات وتهذيبها أكثر من اهتمامه ببيع الأقمشة .

وأمكنه عن طريق عدساته أن يصبح مكتشفاً ، واحتفظ بمذكرات مطولة وكتب عام ١٦٧٥ يقول : « اكتشفت كائنات حية فى ماء المطر ، وبعض تلك الكائنات دقيقة الحجم لدرجة أن عين البرغوث أكبر منها ٧٠٠ ضعف» . وفحص الهولندى عضلة القلب ومادة من كحت أسنانه كما فحص دم الإنسان والحيوان وأشياء أخرى عديدة . وفى عام ١٦٨٣ — أى قبل مائتى عام من التمكن من مشاهدة الميكروبات ، تلك الكائنات الدقيقة التى كثيراً ما تسبب المرض —

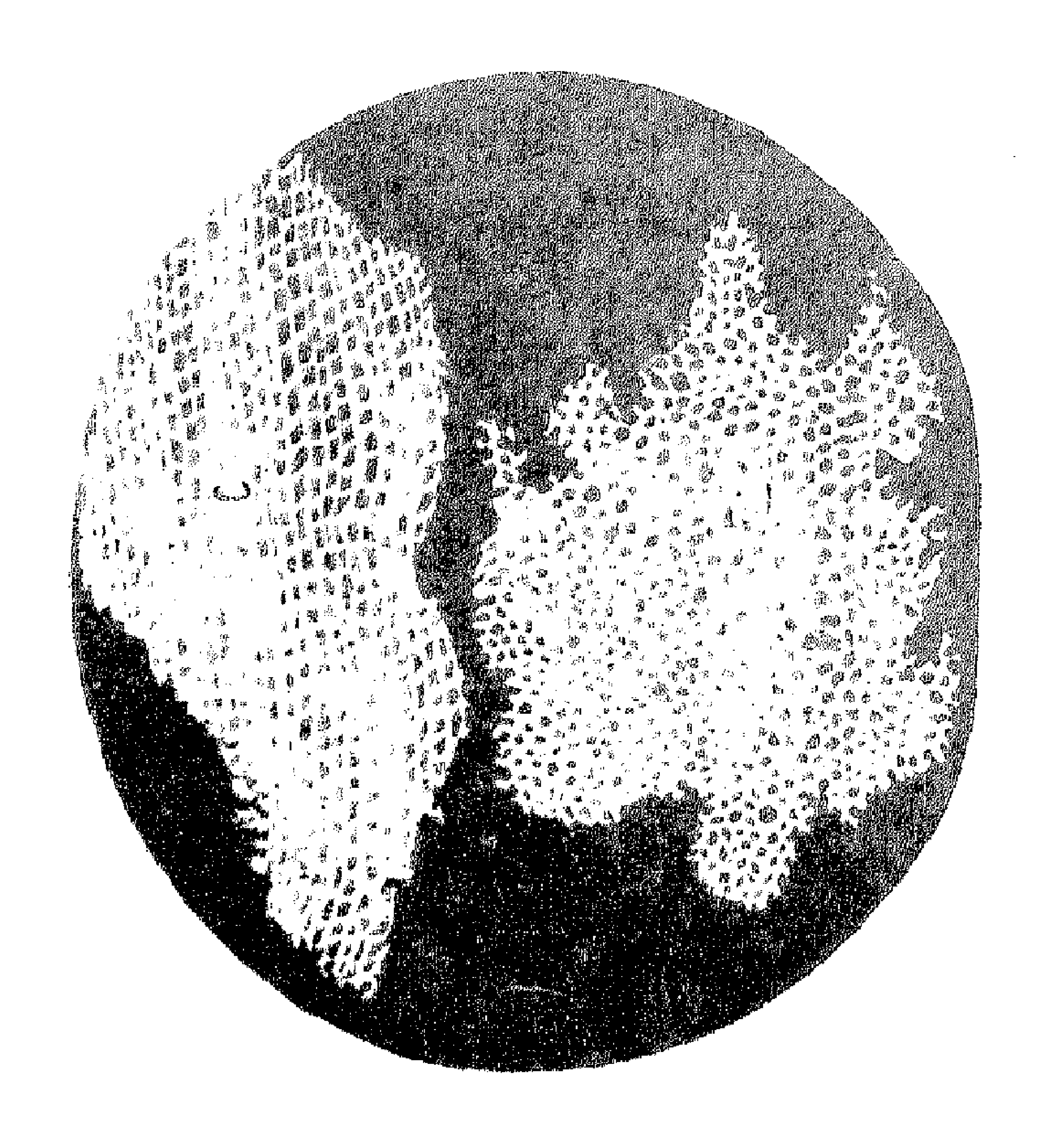
تمكن ليفنهوك من أن يراها . يا لها من أعين فاحصة ، أعين ليفنهوك ! إن أقوى عدسات ليفنهوك لم تكن تتجاوز قوة تكبير تزيد على ٢٧٠ مرة ، ومع ذلك فقد أمكنه رؤيتها ، كما أن رسومه التي تركها عن تلك الميكروبات لا تدع المجال لأى شك .

وقد أسدى ليفنهوك للعلم خدمة جليلة بجعل الميكروسكوب فى متناول اليد . وقد أرسل نتائج اكتشافاته للجمعية الملكية بلندن . وأطلع عليها كثيراً من العلماء وبعد حياة حافلة توفى عن ٩٠ عاماً بعد أن شاع استعمال الميكروسكوب .

حقيقة أن العالم الفلكى الكبير جاليليو استخدم عدسة لفحص عين إحدى الحشرات عام ١٦١٠ . غير أن الفضل فى تحقيق حلم العلماء واستخدام الميكروسكوب فى فحص الكائنات الحية الدقيقة إنما يرجع لليفنهوك . وكما سنرى فيما بعد فإنه لولا الميكروسكوب لما أمكن تفهم النتائج التى حصل عليها مندل .

وهناك عالم آخر إنجليزى يدعى روبرت هوك استخدم الميكروسكوب ، غير أنه كان مختلفاً عن ميكروسكوب ليفنهوك ، إذ كان له عدة عدسات بعكس ميكروسكوب ليفنهوك الذى كان يعمل بعدسة واحدة فقط . وقد أطلق علماء العصر الحديث على هذا النوع اسم « الميكروسكوب المركب » . . . وفى عام ١٦٦٥ ألف هوك كتاباً عن مشاهداته واكتشافاته التى توصل إليها عن طريق ذلك الميكروسكوب ، وسمى هذا الكتاب « ميكروجرافيا » ، وحلاه بصور بديعة . وأغلب الظن أن بعض تلك الصور من أعمال سير كريستوفر رين المهندس المعمارى الشهير الذى أجرى تصميمات بعض مبانى وليمسبرج — غير أن أهم ما فى كتاب هوك هو وصفه الدقيق للفلين .

وقد كتب يقول : « انتقيت قطعة من الفلين الجيد وقطعت منها رقاقة بمبراة سنينة بحيث كان السطح أملس للغاية . وبفحصها بعناية بواسطة الميكروسكوب وجدت أن مادتها ممتلئة بالهواء الذى تحيطه بإحكام صناديق أو خلايا صغيرة تشبه خلايا عسل النحل » .



هذا ما شاهده روبرت هوك عند ما فحص خلايا الفلين من خلال ميكروسكوبه ، والمعتقد أن الذى قام بهذا الرسم هو سير كريستوفر رين .

وربما لا يبدو فى الوقت الحاضر أن هذا يعتبر اكتشافاً . فمعظمنا يعلم أن الكائنات الحية مكونة من خلايا صغيرة ، غير أنه فى عصر هوك كانت هذه الآراء غير معروفة . وبرغم أنه وجد خلايا فى الكائنات الحية فلم يدر بخلده مطلقاً أن تلك الخلايا موجودة فى كل شىء ، غير أنها كانت بداية مشجعة . ونحن مدينون لهوك بلفظ « خلية » . وقد اشتقها من كلمة لاتينية معناها «غرفة صغيرة » .

وهذه « الخلية » من الأهمية بمكان فى ميدان العلوم منذ بدأ هوك فى استعمالها منذ ٣٠٠ عام .

وكان العالم الآخر الذى توصل إلى الاكتشاف الهام التالى فى فهم حقائق الوراثة إنجليزياً أيضاً يدعى روبرت براون ؛ وفى الوقت الذى قام بدراساته بعد مائة عام من هوك كان الناس قد كشفوا عن الخلايا فى كثير من الكائنات الحية ، ولكن لم يعرف سوى القليل عن التركيب الحقيقى للخلية وكيفية سلوكها . وكان على براون استجلاء هذه الأسرار .

وبعد أن درس براون الطب ومارسه مدة خمس سنوات قرر أن اهتمامه بالنبات أكثر من اهتمامه بالطب ، وكان هذا سبباً فى مغامرة مثيرة له .

كان من المألوف فى تلك الأيام أن تصحب السفن المتجهة لاستكشاف الأراضى البعيدة بعض العلماء معها ، ودعى براون فعلا إلى رحلة إلى أستراليا وجزيرة تاسمانيا ، وأبحر على سفينة اسمها « إنفستيجيتور » ، أى الباحث .

وعندما وصلت السفينة إلى أستراليا كانت فى حالة يرثى لها ، حتى إن معظم بحارتها غادروها إلى سفينة أخرى تاركين براون ومرافقاً له للقيام ببحوثهما ، وسرعان ما حصلا على مجموعة كبيرة من النباتات قاما بتجفيفها بعناية . وعندما عادا إلى إنجلترا عام ١٨٠٥ – بعد غياب أربع سنوات – أحضرا معهما ٤٠٠٠ عينة كان الكثير منها جديداً على العلم ، وقد عكف براون بقية حياته على دراستها وهو سعيد بذلك .

وفى عام ١٨٢٣ أصبح براون شديد الولع بدراسة الأوركيد ونبات آخر يشبه نبات الأقحوان العادى . وبدراستهما تحت الميكروسكوب اكتشف شيئاً هاماً ، إذ لم تكن الخلايا فارغة كما كان هوك يظن . وكان لكل خلية نتوء مستدير قريباً من مركز الخلية ويبدو محبباً تحت الميكروسكوب . وقد سمى براون هذا النتوء بالنواة – واشتق هذا اللفظ من كلمة لاتينية بمعنى « البندقة » – وجمعها « أنوية » .

وبرغم أن براون لم يدرك أهمية اكتشافه فإن العلماء الآخرين أدركوا أن لمعظم الخلايا أنوية . وعرف الباحثون بعد ذلك أن النواة هى مركز القيادة بالنسبة للخلية . ومن المعروف الآن أننا إذا أزلنا النواة من الخلية فقد تعيش الخلية بعض الوقت ، ولكن لا يمكنها أن تتكاثر بأى حال من الأحوال . فبدون النواة لا تكون هناك حياة .

وبمجرد أن اكتشف روبرت براون النواة اتجه كثير من العلماء إلى فحص أنسجة النبات والحيوان تحت الميكروسكوب . وكلما انهمكوا فى الفحص وجدوا العديد من أنواع الخلايا . وفى الواقع لم يجد أحد منهم نسيجاً بدون خلايا .

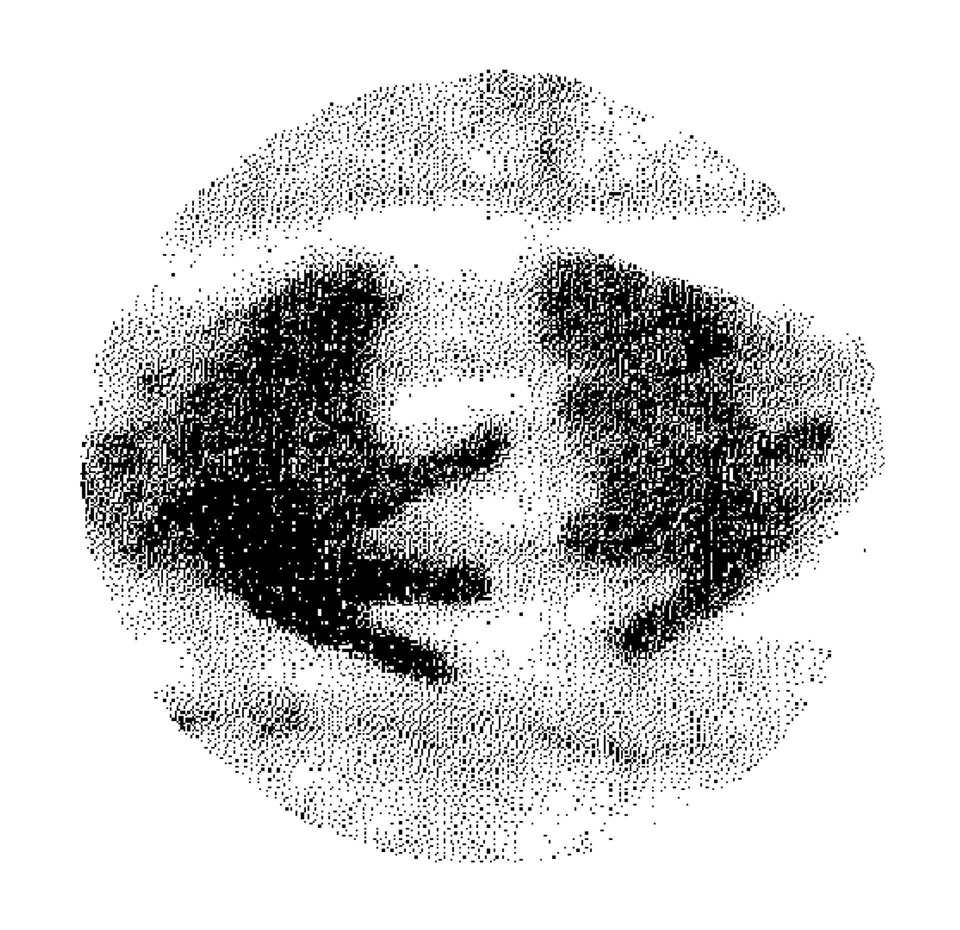
وسرعان ما أدلى عالمان ألمانيان من علماء التاريخ الطبيعى بتصريح خطير . وكان أحدهما ، يدعى ماتياس شليدن – متخصصاً فى النبات ، والآخر – وهو تيودور شوان – متخصصاً فى الحيوان . وكانا صديقين يتبادلان الخطابات .

وقد صدر تصريحهما عام ١٨٣٨ – ١٨٣٩ ويعرف « بنظرية الخلية » ، وهذا التصريح يقرر فى بساطة تامة أن كل كائن حى مركب من خلايا .

وفى عام ١٨٥٥ دفع عالم ألمانى آخر يدعى رودلف فيرشو نظرية الخلية دفعة أخرى إلى الأمام ، فقد ذكر أن كل خلية لا بد أن تأتى عن طريق خلية سابقة بواسطة نوع ما من التكاثر ، وأن كل خلية جديدة تأخذ شكلها من الخلية القديمة .

وبرغم أنه لم تتم البرهنة على صحة هاتين النقطتين فإن أحداً لم يثبت خطأهما . كما أنه لا يحتمل إثبات ذلك فيما بعد . فالحوادث لم تجر بالسرعة الكافية لتقرير الصلة التى بين نظرية الخلية ، وما أثبته مندل عندما كان على قيد الحياة . غير أن الصلة بين الخلية والوراثة أمر فى منتهى الأهمية ، كما سيتبين لنا فى الفصل التالى .





كيف تنقسم الخلايا

من المعروف فى عصرنا هذا أن سر الوراثة يقع فى خلايا الكائنات الحية . غير أنه حتى بعد أن قدم شوان وشليدن نظرية الخلية لم يكن هناك من يعرف شيئاً عن كنه الخلية ، ذلك لأن النواة وأجزاء أخرى من الخلية كان من الصعب رؤيتها ، فهى تبدو من خلال الميكروسكوب شفافة . وقبل أن يبدأ العلم فى فهم الوراثة كان عليه أن يبحث عن وسائل جديدة .

ومن حسن الحظ أن الحاجة عندما تكون ماسة إلى تلك الوسائل فإنها تدفع الناس إلى إيجادها. وهذا ما حدث فى علم الوراثة ودراسة الخلايا . وأثبت استعمال الصبغات أنها من أفضل الوسائل على الإطلاق .

فى عام ١٨٥٠ استخرجت صبغة حمراء تسمى كارمين من نوع من حشرات القرمز ، وقد صبغت هذه الصبغة النواة بلون أقتم من لون سائر أجزاء الخلية ، مما سهل دراستها فى المعمل . وفى عام ١٨٦٣ استخدمت صبغة أخرى جديدة

مأخوذة من أشجار البقم الأحمر الموجودة بأواسط أمريكا وتظهر فيها النواة مصبوغة بلون أسود .

ولعل أعظم من أسهم فى هذا الشأن رجل إنجليزى يدعى هنرى بركن الذى استخرج صبغاته من قطران الفحم وفتح بذلك فتحاً جديداً فى الصباغة ، وقد كانت صبغات قطران الفحم ، المعروفة باسم صبغات الأنيلين ، أداة فعالة ، فى الكشف عن أسرار الخلايا وكيفية عملها .

وليست الصبغات هى الأداة الوحيدة فى دراسة مشكلات الوراثة . وكثيراً ما وقف العلماء من قبل مكتوفى الأيدى بسبب سمك العينات التى يريدون فحصها بدقة بواسطة الميكروسكوب حتى بعد صبغها . ولكن سرعان ما اهتدوا إلى طريقة جديدة يمكن بها قطع الأنسجة الحية إلى مقاطع رفيعة جداً ، مما مكن من فحص الخلايا كل على حدة . وفى عام ١٨٧٢ أدخل تحسين على الميكروسكوب ، وبفضل هذا الاختراع الجديد الذى هو عبارة عن عدسة زيتية أمكن تكبير العينات إلى ألف ضعف .

وسرعان ما استخدم عالم ألمانى — والتر فلمنج — هذه التحسينات ، فقد كرس معظم حياته فى دراسة الخلايا . وفى عام ١٨٧٩ توصل إلى اكتشافات هامة .

فعندما ركز ميكروسكوبه على صغار السلمندر (حيوان برمائى) رأى الخلايا تنقسم أمام عينيه . وعندما قتل السلمندرات وجهز منها أنسجة مصبوغة رأى لأول مرة كيف تتكون الخلايا الجديدة من الخلية الواحدة وتأخذ صورتها .

وفى حلبة الرقص تسير حركة الأقدام ، فى بعض الرقصات ، بطريقة معقدة ، وعلى نمط معين . وقد كشف لنا فلمنج من مشاهدته أن انقسام الخلايا يسير أيضاً على نمط معقد دقيق أشبه بما يجرى فى رقصة معقدة .

وهناك فى الخلية من يعمل عمل « منظم » عملية الرقص ، والراقصون الذين يتلقون التعليمات هنا أجزاء دقيقة فى الخلية . وقد أطلق فلمنج على انقسام الخلية

اسم « الانقسام الفتيلى المعتاد (Mitosis) المشتقة من الكلمة اليونانية التى معناها فتيلة .

وتسمى تلك الأجزاء الدقيقة بالكروموسومات ، ومعناها « الأجسام الملونة » ؛ لأنها ترى بوضوح عند صبغها . ولكل نوع من الكائنات الحية كروموسوماته الخاصة به وعددها ثابت فى كل نوع . وفى الحيوانات والنباتات الراقية ، كما فى بعض الكائنات البسيطة أيضاً ، نجد أن الكروموسومات توجد فى أزواج متماثلة .

وتوجد الكروموسومات فى كل نواة خلية ، وفى الشمبانزى نجد ٢٤ زوجاً من الكروموسومات فى الخلايا ، أما فى الفجل فتوجد ٩ أزواج . والعلماء فى حيرة من أن عدد الكروموسومات لا يبدو أن له صلة برقى الكائنات .

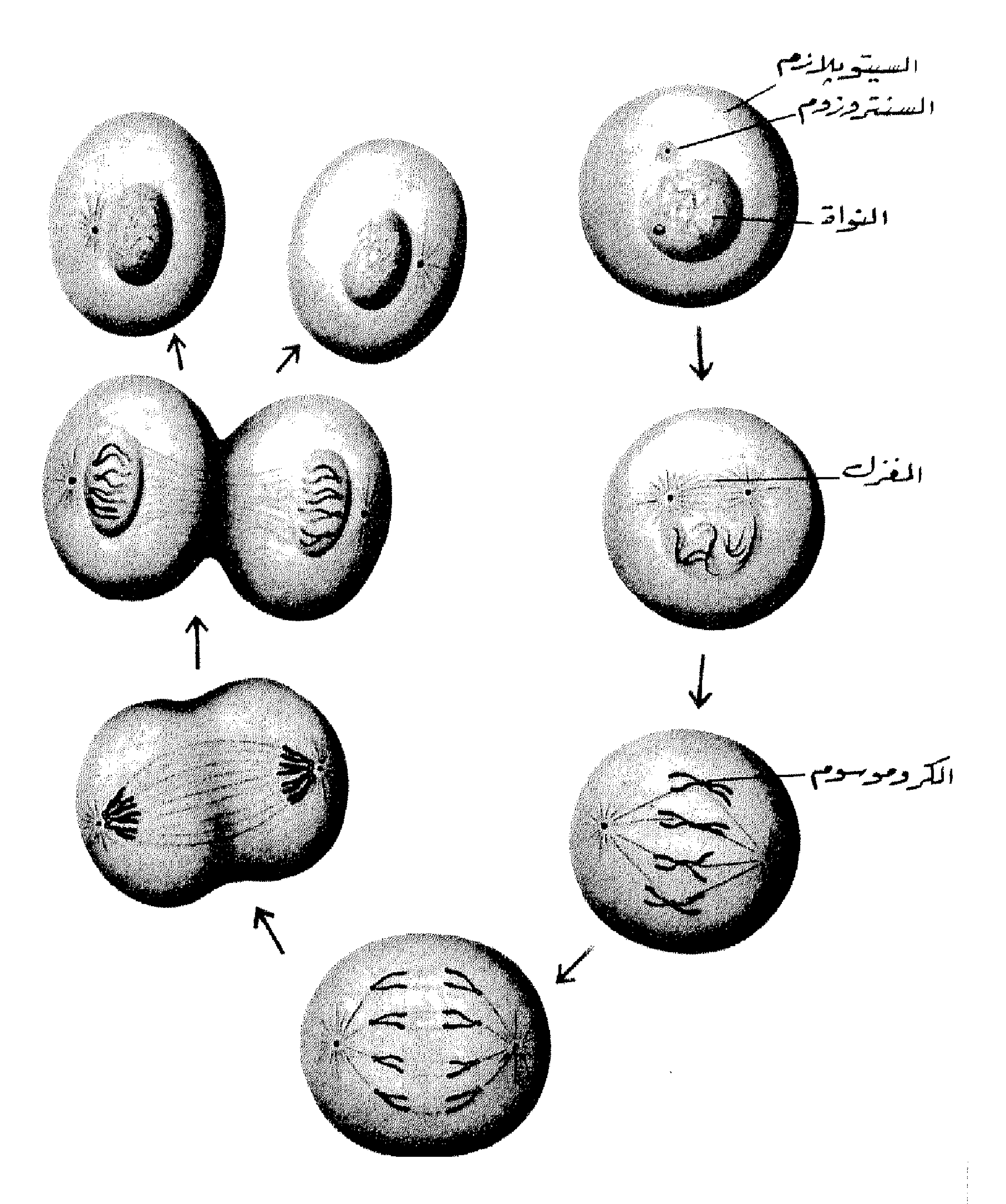
فمثلا — فى الإنسان — الذى يعتبر أرقى أنواع الكائنات فى المملكة الحيوانية نجد أن عدد الكروموسومات فى نواة كل خلية ٢٣ زوجاً فقط ، فى حين أن عددها فى السمك الذهبى ٤٧ زوجاً ، وفى الجمبرى أكثر من ١٠٠ زوج . وفى بعض النباتات يزيد العدد على ذلك .

والانقسام المعتاد عملية تتدرج بالخلية حتى تنقسم إلى قسمين . وهى تختلف باختلاف أنواع الكائنات ، إذ تحدث فى جميع أنواع الخلايا باستثناء عدد قليل منها .

وقد اكتشف فلمنج تلك العملية بتحضير عينات عديدة من الخلايا وفحصها تحت الميكروسكوب ، وباستعمال الصبغة كانت الخلايا تموت . ومن ثم تتوقف كل حركة داخل أنويتها .

وكان يأخذ لقطات معينة أشبه بلقطات الفيلم السينمائى التى لا تستغرق سوى جزء من الثانية . وبتجميع اللقطات من الخلايا المنقسمة على حسب ترتيبها أمكنه عمل فيلم كامل لانقسام الخلايا .

وأثناء الانقسام لاحظ فلمنج أن هناك حلقتين من الأحداث تتتابع فى



رسم يبين الانقسام المعتاد فى خلية حيوانية ذات أربعة أزواج من الكروموسومات . وقد تمكن العلماء من أخذ فيلم عن هذه العملية .

وقت واحد ، إحداهما تشمل الخلية وكروموسوماتها ، والثانية تشمل باقى الخلية وهو ما يسمى بالسيتوبلازم . ويفصل جدار رقيق ما بين النواة والسيتوبلازم ويسمى هذا الجدار بالغشاء .

وإذا ما شاهدت انقسام خلية أصيلة بواسطة الانقسام تحت الميكروسكوب فسترى نفس ما رآه فلمنج تقريباً .

وفى البداية نجد أن الخلية لا يكاد يظهر فيها أى تغيير فيما عدا تكون جسم صغير خارج النواة مباشرة ويسمى سنتروزوم . وعندما تسير عملية الانقسام ينقسم السنتروزوم إلى جزءين متصلين بخيوط دقيقة تسمى بالمغزل (وفى انقسام النبات لا يوجد سنتروزوم برغم وجود المغزل) .

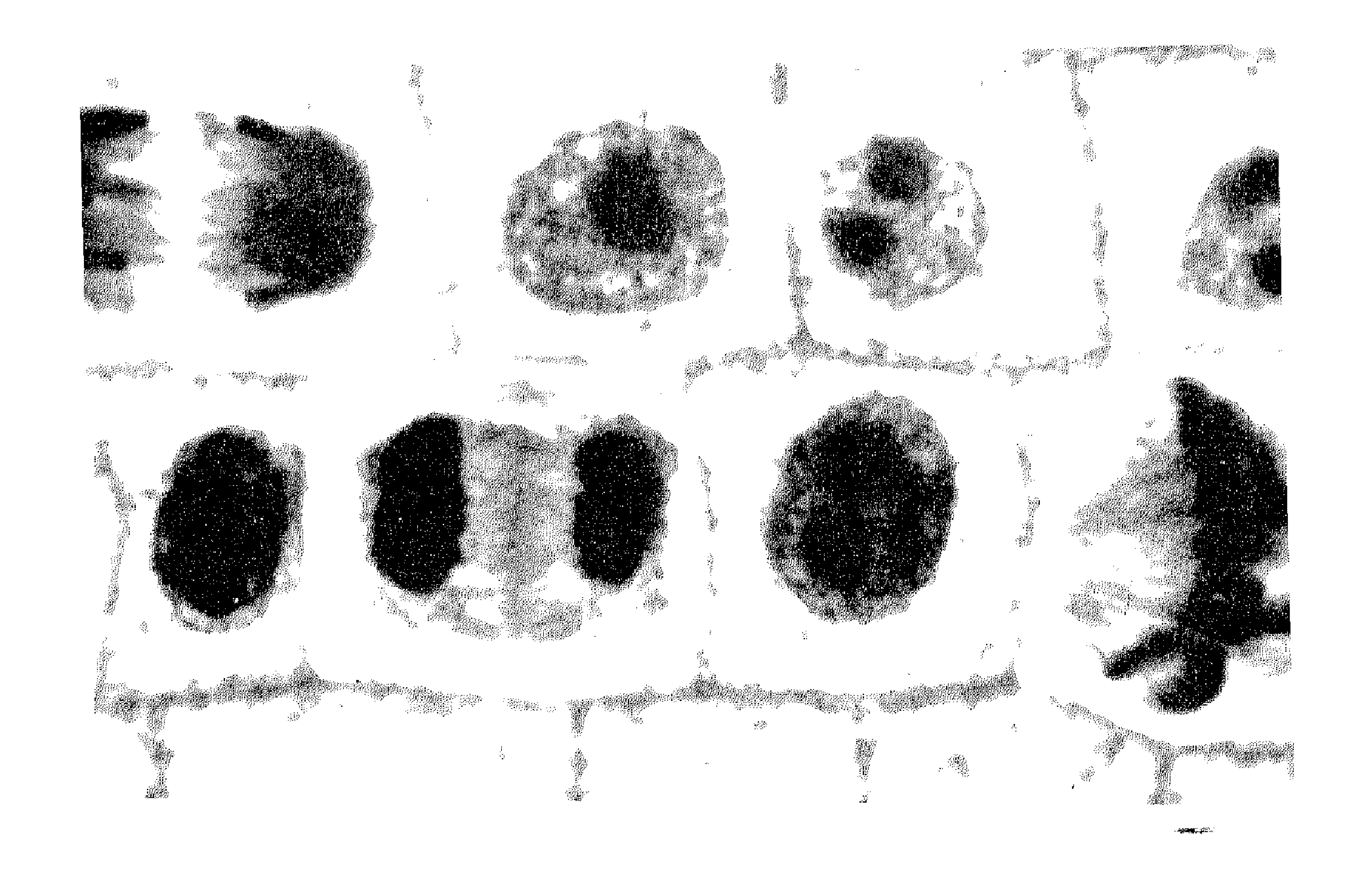
وعند تكوين المغزل يختفى الغشاء الفاصل بين النواة والسيتوبلازم .

وفى نفس الوقت تأخذ الكروموسومات التى تبدو على شكل خيوط عندما لا تكون الخلية فى حالة انقسام فى القصر حتى تبدو على شكل شعيرات قصيرة غليظة . ويقسم كل منها إلى قسمين ، فيصبح عددها ضعف ما كان عليه سابقاً . وحيث إنه يوجد اثنان من كل نوع فى البداية ، فإن عددها يصبح الآن أربعة .

وتتحرك الكروموسومات الآن فى المغزل فى منتصف المسافة بين السنتروزومين ثم ترتب كل أربعة كروموسومات من نوع واحد نفسها الواحد تلو الآخر . ويأخذ السنتروزوم بجذب كل زوج من الكروموسومات فيرحل كل منها خيوط المغزل الذى يبدأ هو الآخر فى الانقسام .

وفى هذا الوقت تبدو بقية الخلية فى حالة تخصر وكأنها ربطت من بحزام . ثم تتجمع تدريجيًّا مجموعتان متناظرتان من الكروموسومات أمام الأخرى فى طرفى الخلية . ثم يزيد انكماش الخلية حتى يتم الانفصال .

وتتكون الآن نواتان وخليتان كاملتان كل منهما صورة طبق الأصل



تبين هذه الصورة الميكروسكوبية عدة مراحل من الانقسام حدثت فى وقت واحد بطرف جذر بصلة . ولكونه نباتا لا توجد سنترو زومات .
وفى أسفل إلى اليمين ترى الكروموسومات المنقسمة على المغزل .
وفى أعلى إلى اليسار ترى مجموعتين من الكروموسومات متباعدتين فى القطبين .
وفى أسفل فى الوسط يتكون جدار خلية جديد .

الخلية الأم . ويتم الانقسام عندما تعود الكروموسومات إلى شكلها الخيطى مرة أخرى . ويتكون لكل خلية غشاء يفصل بين النواة والسيتوبلازم .

ويعتبر الانقسام عاملا أساسيًّا فى معجزة النمو . فعندما يخرج الطفل من الرحم ويبدأ حياته الجديدة فإن الخلية الأصلية التى نما منها قد تضاعفت إلى حوالى ٢٦ تريليون مرة . وكلما نما الطفل زاد عدد الخلايا . وكل هذه الخلايا تكونت بالانقسام الفتيلى المعتاد .

كما أن الانقسام الفتيلى لا غنى عنه للكبار. فإن خلايا أجسامنا تستهلك بمرور الزمن ، والكثير منها يموت كل يوم فى الصغار والكبار على السواء . ولولا هذا الانقسام لما حلت خلايا مكانها . والانقسام يحدث بصفة مستمرة فى كل الأجسام . وإذا توقف توقفت الحياة . ويعتبر أعظم عملية شاملة عن طريقها تستمر الحياة .





أبوان بدلا من واحد

يحتاج كثير من النباتات والحيوانات وحيدة الخلية إلى الانقسام بغرض التكاثر . وهذا ينطبق على الأميبا ، وهي حيوان دقيق يعيش فى البرك . وتنقسم خليته الوحيدة إلى اثنتين شديدتى الشبه بالخلية الأم . ولذا فإن عدد كروموسوماتها واحد فى كلا الجيلين . ويسمى هذا التكاثر باللاتزاوجى .

غير أن الأمر يختلف فى حالة النباتات والحيوانات عديدة الخلايا . وللنباتات الراقية كالبازلاء أنواع عديدة من الخلايا لأغراض مختلفة . والخلايا الجنسية فقط هى التى تنتج النسل . وهو ما يسمى بالتكاثر التزاوجى والجنسى .

فنى التكاثر الجنسى تخرج كل خلية تناسلية من أبوين ولا يمكن لحياة جديدة أن تبدأ إلا باتحاد خلية جنسية ذكرية بأخرى أنثوية . والذكرية هى الحيوان المنوى ، أما الأنثوية فعبارة عن بويضة . ويسمى اتحاد البويضة بالحيوان المنوى بالإخصاب .

وعند ما يكون التكاثر تزاوجياً تختلف كروموسومات الآباء عن كروموسومات الأبناء . وكما بين مندل فإن الآباء تنقل إما جيناً سائداً وإما جيناً متنحياً من كل صفة لكل جيل . وما لم ينقل أحد الأبوين جينات سائدة والثانى جينات متنحية فإن الأبناء تتوارث بعض الصفات من كل من الأبوين .

وكما بينا فى الفصل السابق فإن عدد الكروموسومات فى خلايا الكائن الحى ثابت لا تتغير . وهذا ما حير علماء القرن التاسع عشر .

وإذا كان للخلايا الجنسية نفس عدد الكروموسومات التى للخلايا الأخرى فإن اتحاد خليتين جنسيتين لا بد أن ينتج ضعف عدد كروموسومات خلايا الجيل الثانى .

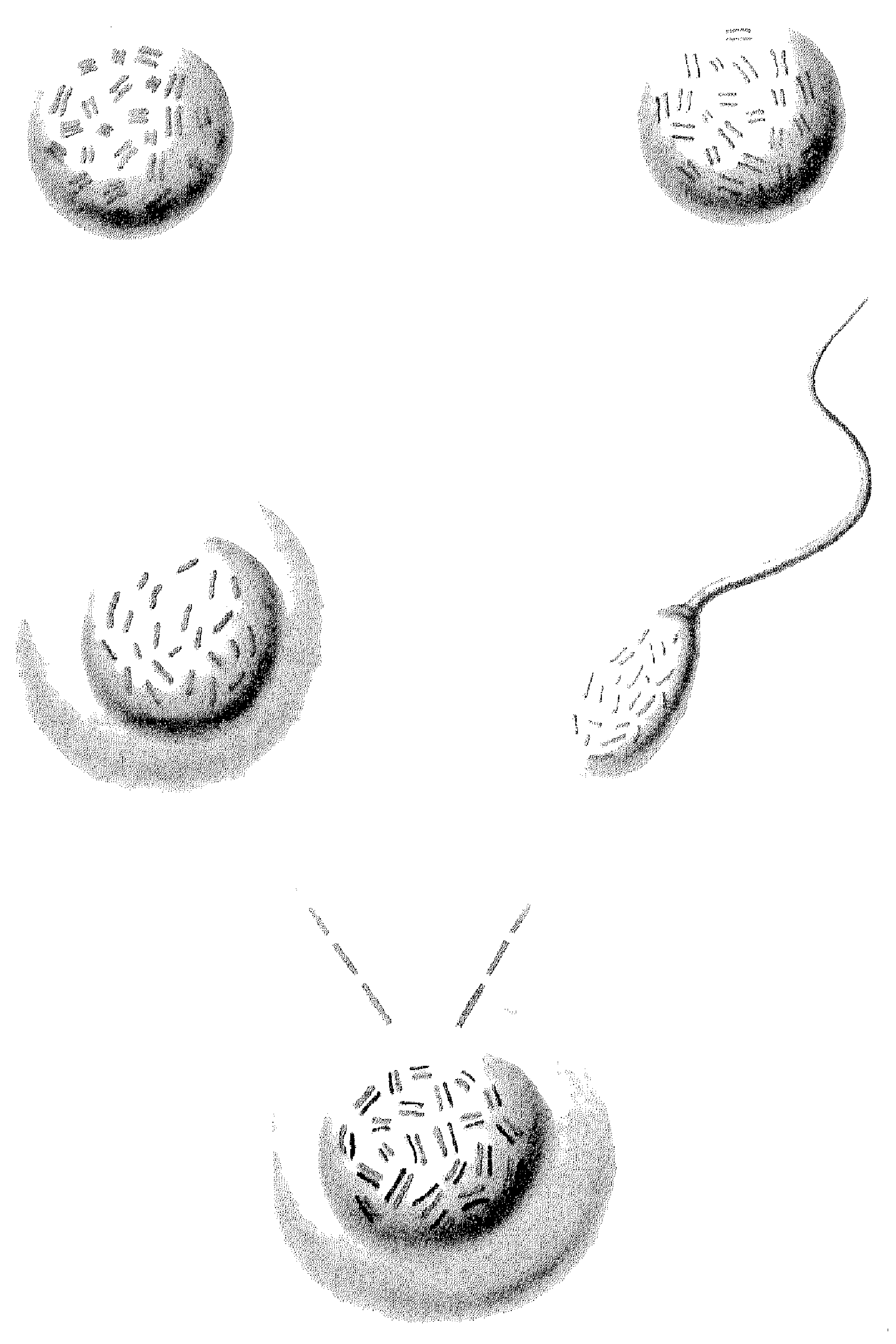
غير أن عدد الكروموسومات فى الآباء والأبناء فى كل الأجناس ثابت لا يتغير . فما هو تفسير ذلك ؟

لقد اهتدى إلى حل هذا اللغز رجل بلجيكى يدعى إدوارد فان بنيدن ، وذلك عام ١٨٨٥ . فقد وجد من خلال الميكروسكوب أن الخلايا الجنسية تحمل عدد الكروموسومات الطبيعى عند ما تكون فى حالة خمود ، أى قبل أن تكون تامة النمو وغير قادرة على إنتاج حياة جديدة .

وقبل بلوغها هذه المرحلة تمر فى عملية تسمى بالانقسام الاختزالى . وعندما تتم يصبح لكل خلية جنسية كروموسوم واحد من كل من الأزواج الأصلية .

وفى نبات البازلاء مثلاً تحمل الخلايا غير تامة النمو ١٤ كروموسوماً مرتبة فى سبعة أزواج — اثنين من كل نوع من الكروموسومات ثم تنتهى بالخلايا الناضجة الجنسية التى تحمل سبعة كروموسومات أى واحد من كل زوج .

وتتحد الخلية الذكرية بالخلية الأنثوية وتكون بويضة مخصبة . ويسبب هذا الاتحاد تكوين مجموعة كاملة من الكروموسومات وعددها أربعة عشر ، وعندئذ يمكن تكوين خلايا جديدة بواسطة الانقسام المعتاد .



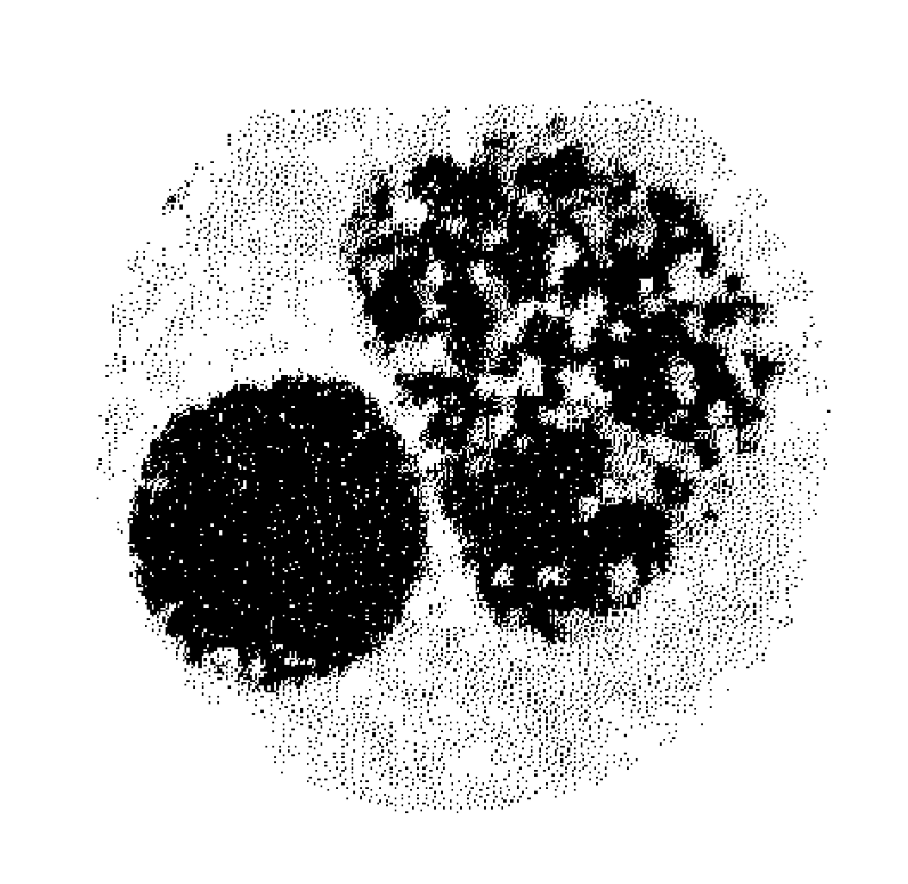
قبل أن يتحد الحيوان المنوى والبويضة لتكوين بويضة مخصبة تحدث بهما عملية الانقسام الاختزالى. وخلال هذه العملية تنقص كروموسومات كل خلية جنسية إلى النصف . ويبين لنا هذا الرسم المبسط ما يحدث فى الخلايا الجنسية للإنسان . وعملية الانقسام المنصّف تحدث فى الخلايا الجنسية لكل الكائنات الحية .

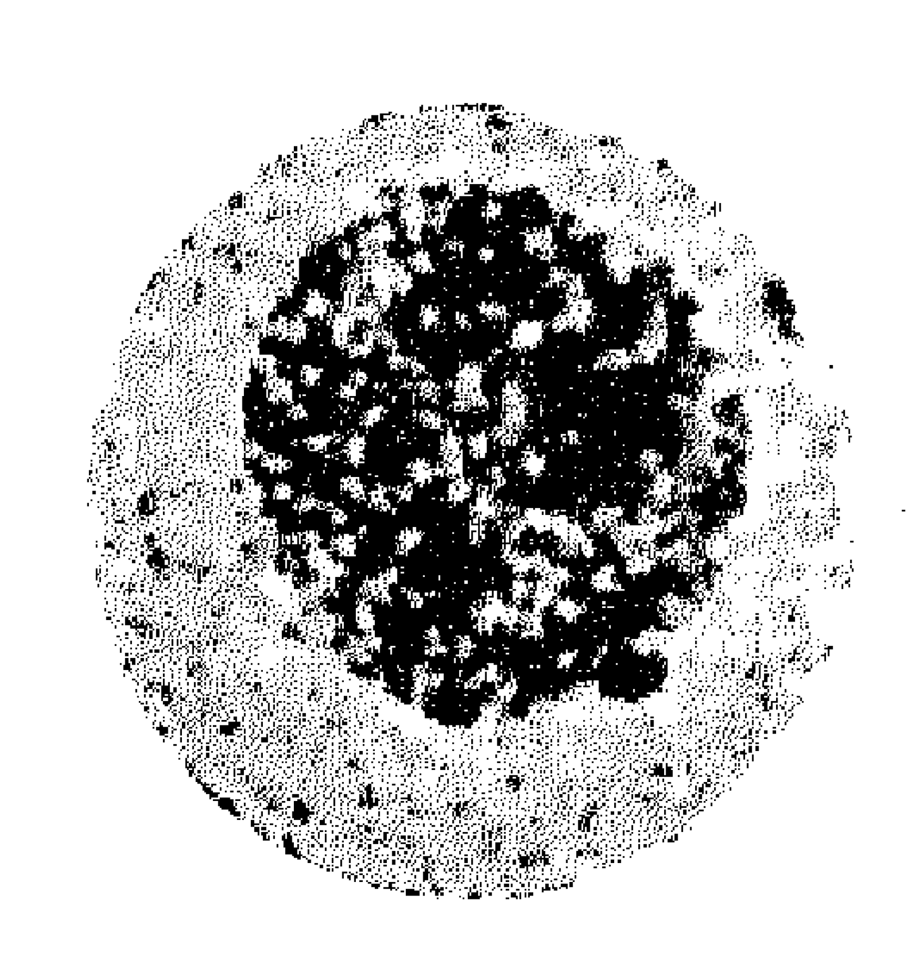
وفى حالة التكاثر التزاوجى يكون عدد الكروموسومات فى الأبناء مساوياً لعددها فى الآباء، ولكنها تكون فى أشكال مختلفة ، وهذا بسبب الطرق العديدة التى تتشكل فيها كروموسومات البويضة والحيوان المنوى فى أثناء الانقسام الاختزالى . كما يتم اتحاد البويضة بالحيوان المنوى بمحض المصادفة .

ويحدث التكاثر التزاوجى فى النباتات والحيوانات الراقية ، غير أن كثيراً من الأحياء وحيدة الخلية يتم فيها نوع بدائى من التكاثر التزاوجى علاوة على الانقسام العادى . ويتم ذلك بحدوث انقسام اختزالى فى نواتى خليتين ثم يتبادلان المادة الوراثية .

ويقع هذا التبادل عادة عند حدوث تغييرات غير ملائمة فى البيئة كنقص فى المواد الغذائية . فنى مثل هذه الظروف لا يمكن للكائن أن يعيش طويلا إذا ظل كل جيل جديد محتفظاً بنفس الصفات القديمة . غير أن الاتحاد الحديث للصفات المتوارثة قد يمكن الكائن من تعود التغييرات التى تحدث فى البيئة ، وبذا يمكنه أن يعيش .

وللتكاثر التزاوجى من المقدرة ما ليس للانقسام المعتاد ؛ فبواسطته يمكن للأبناء أن يختلفوا عن الآباء . ويختلف بعضهم عن بعض . وهذا التكاثر التزاوجى هو المسئول الأول عن تنويع الحياة على هذا الكون تنوعاً لا نهاية له .





العالم يكتشف مندل

فى عام ١٧٩١ وجد شاب ثاقب الفكر من ولاية ماساشوستس يدعى ست رايت، أن نعجة فى قطيعه ولدت حملا غير عادى . وبرغم أن هذا الحمل كان بصحة جيدة فإن أرجله كانت معوجة بشكل يلفت النظر ، ومتناهية فى القصر . وقد يعتبر الفلاحون الآخرون أن هذه كارثة ، إذ كان الاعتقاد السائد فى تلك الأيام أن مثل هذه الحيوانات تجلب الحظ السيء . ومن أجل هذا التشاؤم جرت العادة أن تعذب هذه الحيوانات أو تقتل .

على أن رايت كان رجلا عمليًّا، إذ كان يرى أن حملا بمثل هذه الأرجل القصيرة لا يمكنه القفز من فوق الحواجز مما قد يعطيه فرصة أكبر للعمل . وبدون أن يفكر كثيراً عن سبب اختلاف هذا الحمل عن أمثاله الأخرى قرر أن يربيه حتى إذا ما أصبح كبشاً أخذ منه نتاجاً — سلالة جديدة من الأغنام .

وليست هذه التغيرات الفجائية نادرة الحدوث ، فهناك قطط ذات أرجل

طبيعية تلد قططاً ذات أصابع مزدوجة . كما أن الماشية ذات القرون تنتج أحياناً عجولا جماء بغير قرون ، فإذا ما انتقلت هذه الصفات من جيل إلى آخر فإنها تسمى فى هذه الحالة « بالسلالات الأصيلة » ، ولو أننا نعلم الآن الكثير من هذه التغيرات إلا أنها كانت تعتبر ألغازاً بالنسبة لعلماء القرن التاسع عشر ، وكان الكثير منهم يدرسون هذه المسألة .

وكان من بين هؤلاء أستاذ نبات هولندى يدعى هوجو ديفريز . وقد اكتشف هذا العالم سلالة من نبات زهرة الربيع البرية تنمو فى مروجه . ولاحظ أن هذا النبات ذو أشكال عديدة مختلفة . وأخذ عينات منها لدراستها فى حديقته . وربى أجيالا وأجيالا منها . ووجد أن جيل الأبناء فى بعضها يشبه الآباء تماماً ، فى حين ظهر البعض الآخر عملاقياً والآخر قزمياً أو على أشكال وألوان مختلفة . ثم أجرى ديفريز نفس هذه التجارب على نباتات أخرى وبرغم أن معظمها لم ينتج مثلما تنتج زهرة الربيع البرية إلا أن البعض منها أنتج عدداً مذهلا من النتاج المختلف .

وقد أطلق ديفريز على هذه التغيرات الفجائية التى تحدث فى الصفات الوراثية اسم « الطفرة »(Mutation) وهى مشتقة من كلمة لاتينية معناها « تغيير » وما زال هذا الاصطلاح مستعملا حتى وقتنا هذا . غير أن العلماء الآن يعتقدون أن كثيراً من الصفات التى لاحظها ديفريز كانت نتيجة فرصة اجتماع الجينات المتنحية والتى كانت بدورها نتيجة الطفرات الأولى .

وفى الواقع فإن ديفريز دون أن يعلم كان قد كرر التجارب التى سبق أن أجراها مندل . كما أن اثنين من علماء النبات أحدهما نمساوى — ويدعى كارل كورنز ، والآخر ألمانى — وهو إريخ فون تشرمارك ، أجريا تجاربهما على نبات البازلاء كما فعل مندل .

وقد بحث هؤلاء العلماء الثلاثة كغيرهم من البحاث عن النشرات العلمية



تحدث الطفرة فى جميع أنواع الحيوان والنبات . وهذا الثور الأبيض الذى يظهر فى الصورة مع ثور عادى يعتبر أحد الأمثلة . وهذه الطفرة قد حدثت فى هذا الثور أو فى أحد أجداده.

التى لها علاقة بتجاربهم وذلك قبل أن ينشروا نتائج بحوثهم . وبذا عثروا على بحوث مندل التى كان قد كتبها منذ ٣٥ عاما .

وتاريخ العلم حافل بالأمثلة على توصل أكثر من عالم واحد إلى نفس الاكتشاف فى وقت واحد . على أن ظهور أربعة بحوث علمية (اثنان منها تأليف ديفريز) بين مارس ويونيو عام ١٩٠٠ فى المجلات العلمية كان محض مصادفة عجيبة حقًّا .

وبذا أمكن لثلاثة علماء لم يسبق لهم معرفة شىء ما عن أعمال مندل أن يعيدوا أسس اكتشافات مندل مرة أخرى . وبذا أصبح اسمه على كل لسان . وأنشئ له تمثال فى برون تخليداً لذكراه وأشاد به العالم أجمع كمؤسس لعلم الوراثة .





ذباب الفاكهة فى المعمل

وسرعان ما تنبه العلماء إلى أن هناك صلة بين الجينات التى اكتشفها جريجور مندل والكروموسومات التى شاهدها والتر فلمنج . بل بلغ الظن ببعضهم أنهما شىء واحد . غير أن هذه الفكرة سرعان ما نبذت ؛ إذ أصبح من الواضح بعد قليل أن الإنسان وغيره من المخلوقات له صفات عديدة متوارثة أكثر من الكروموسومات المسئولة عن هذه الصفات .

وكان أول من أعطى تفسيراً معقولا بذلك عالم أحياء أمريكى يدعى وليم س. ساتون . فنى عام ١٩٠٢ افترض أن كل كروموسوم لا بد أن يحمل عدة جينات ، وقد ثبت ذلك فعلا .

وبعبارة أخرى فإن الجين والكروموسوم فى الوراثة أشبه بالذرة والجزىء فى الكيمياء . وكل جزىء عبارة عن مجموعة من الذرات مرتبة بترتيب خاص . كما أن كل نوع من الكروموسومات عبارة عن جينات ذات ترتيب خاص .

وبعكس الذرات والجزيئات فإن الجينات والكروموسومات تكون عادة مزدوجة .

وبطبيعة الحال فإن العلماء كانوا يفضلون دراسة الوراثة فى الإنسان مباشرة . غير أن الإنسان لا يلد سوى مرة فى العام على الأكثر وطفلا واحداً عادة . علاوة على أن دراسة ٢٣ زوجاً من الكروموسومات فى خلية واحدة صغيرة من الصعب تتبعها بالأجهزة التى كانت موجودة وقتئذ . وحتى بأقوى الميكروسكوبات كانت الكروموسومات ترى كقطع قصيرة من « الإسباجتى » مختلطة بعضها ببعض لدرجة يتعذر معها معرفة بداية واحدة ونهاية أخرى . وفى عام ١٩٥٧ تبين بالدراسات العميقة والأجهزة التى أدخل عليها تحسينات أن هناك خطأ فى عدد الكروموسومات ، إذ وجد عددها ٢٣ زوجاً وليس ٢٤ .

٢٣ زوجاً من الكروموسومات فى خلية إنسان . وهذه الصورة أخذت بواسطة ميكروسكوب قوة تكبيره ٣٠٠٠ .



وكان يبدو واضحاً أن الحاجة ماسة إلى البحث عن مخلوقات أبسط من الإنسان لمواصلة دراسة العلماء فى موضوع الجينات .

ثم أمكن الاهتداء إلى استخدام ما يعتبر حيوان تجارب قليل التكاليف فى ثمنه وفى طعامه . ويمكن إنتاجه فى أسبوعين ، كما يمكن الحصول على نتاج منه يقدر بمائتى فرد فى المرة الواحدة . وقد أصبح من السهل دراستها تحت الميكروسكوب لوجود أربعة أزواج فقط من الكروموسومات فى الخلية الواحدة — أى بمجموع ثمانية أزواج منها واسمها العلمى دروسوفيلا ميلانوجاستير (Drosophila melanogaster) . وهو ما يعرف باسم ذباب الفاكهة التى تحوم حول الموز والعنب محدثة طنيناً (وتسمى أحياناً بذباب الخل) .

وكان أول من استعمل ذباب الفاكهة فى بحوث الوراثة ، و . كاسل بجامعة هارفارد وذلك عام ١٩٠٦ ، وكان يشاركه فى معظم بحوثه عالم فى علم الحيوان من جامعة كولومبيا وهو توماس هنت مورجان . ومنذ ذلك الحين قضت ملايين من هذه الحشرة المعروفة حياتها فى أوان زجاجية من أجل تقدم العلم .

وبعكس بازلاء مندل فإنها لا تحتاج إلى حدائق ، وكل ما تتطلبه الزجاجات التى تعيش فيها وهى تحفظ بسهولة على الرفوف . وتعيش على مزيج مندى من الموز والخميرة كما يسهل التحكم فيها بسبب انجذابها بشدة نحو مصدر الضوء . وعند ما يراد تزاوج واحدة منها من زجاجة بأخرى فى زجاجة أخرى فيكفى تغيير اتجاه الضوء لتتجه الذبابة إلى المكان الصحيح . ومن حسن الحظ فإنها قوية ، فهى لا تتأثر بالأثير الذى يقتل كائنات أخرى كثيرة .

وقد وجد مورجان أن هذا الذباب الصغير سرعان ما يفيق من تأثير البنج . وبهذا يمكن فحصه بعدسة يدوية وأن يعيش بعد ذلك ويتناسل .

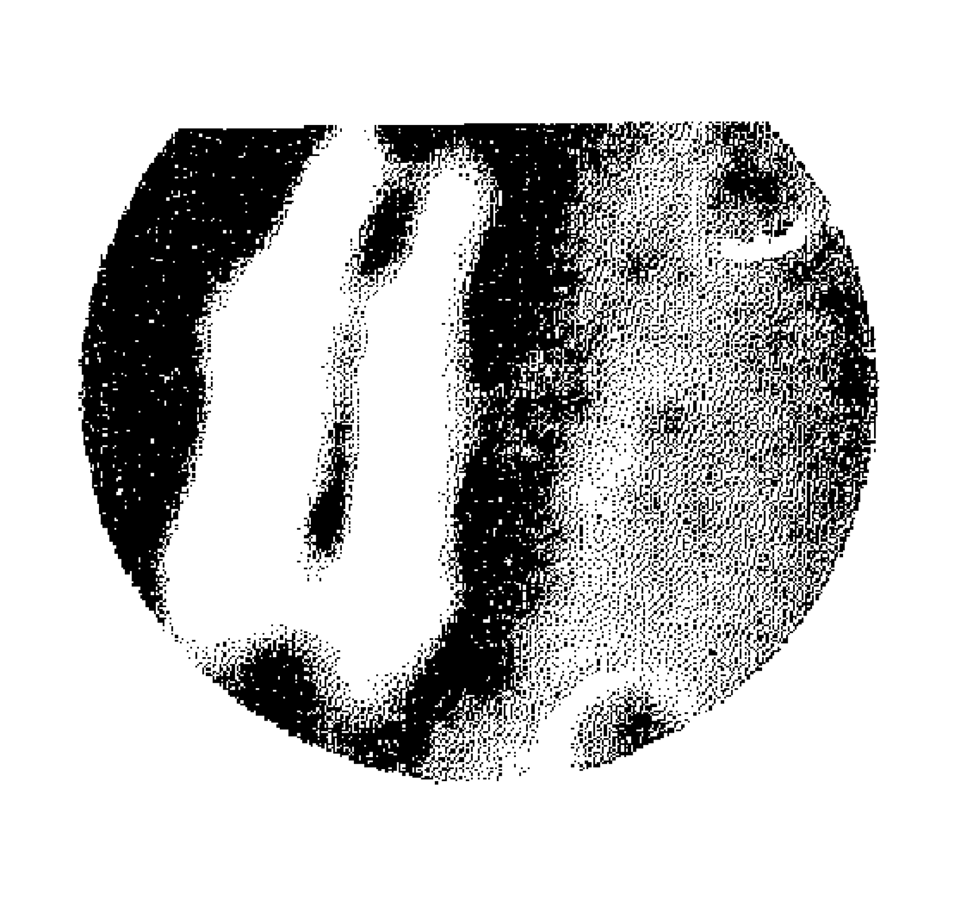
وقد ثبت أن ذباب الفاكهة وكروموسومه صورة طبق الأصل لما يحدث من السلوك الوراثى فى الكائنات المختلفة من البكتريا إلى الفيلة . فالأسس واحدة فى



توماس هنت مورجان عندما فاز بجائزة نوبل وهو فى سن السابعة والستين وقد بذل سنى عمره مع ذباب الفاكهة فى دراسة علم الوراثة .

جميع الكائنات الحية وفى الواقع فإن مورجان تعلم الكثير من هذه الأسس من تجاربه مع الدروسوفيلا والتى نال عليها جائزة نوبل فى الطب عام ١٩٣٣ .

وكان لإدخال الدروسوفيلا فى بحوث الوراثة نتائج أخرى هامة . فقد أثارت أعمال مورجان تحمس علماء الأحياء حتى أصبحت له « فرقة ذباب » من المساعدين الحاذقين . وانتقل بذلك مركز قيادة علم الوراثة الذى تأسس فى دير نمساوى إلى الولايات المتحدة .



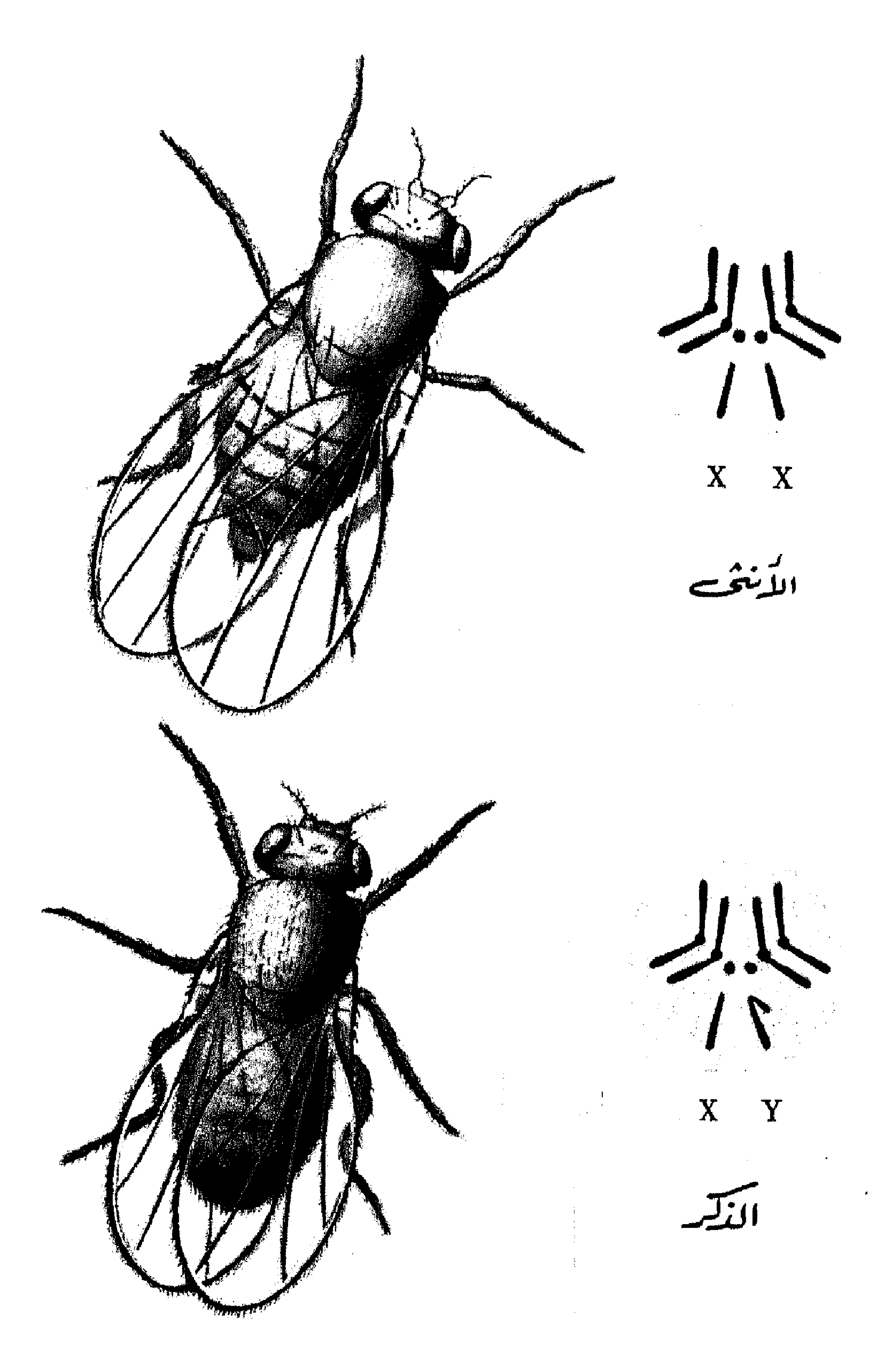


الذكر والأنثى

لا يمكن لأحد أن يتنبأ : هل المولود سيكون ذكراً أم أنثى ؟ ولا بد أن ينتظر حتى يولد . مع أن الأمر كان قد حسم منذ وقت طويل — فى اللحظة التى اتحد فيها الحيوان المنوى بالبويضة والكروموسومات الموجودة فى نواة الخلية الجديدة هى المسئولة عن ذلك .

ولو أن علماء آخرين هم الذين وضعوا أساس هذه العملية إلا أن مورجان وجماعته فى كولومبيا هم الذين أوضحوها ، وعند فحصهم الأربعة الأزواج من الكروموسومات تحت الميكروسكوب كانوا يجدون أن ثلاثة أزواج متجانسة بصفة مستمرة . كان يبدو زوج منها على شكل نقطتين مستديرتين . والزوج الثانى على شكل V مقوسة باتساع ، أما الزوج الثالث فيشبه الزوج الثانى ، غير أن الـ V فيها أكبر قليلاً .

أما الزوج الباقى من الكروموسومات فكان يختلف فى الذكر عن الأنثى فى



يتعين الجنس فى الكائنات الحية بوساطة زوج من الكروموسومات ؛ فنى ذباب الفاكهة مثلا عند ما تحمل خلاياها اثنين من كروموسومات X تكون أنثى . وعند ما تحمل خلاياها كروموسوم X وآخر Y تكون ذكراً . وهذا ما ينطبق أيضاً على الإنسان فى تحديد الجنس .

ذباب الفاكهة ؛ فنى خلايا أنثى الدروسوفيلا يكون الزوج من الكروموسومات متناظراً ، ويبدو كل منهما على شكل عصا صغيرة ويسمى كروموسوم X .

أما إذا كان الذباب ذكراً فإن زوج الكروموسومات لا يكونان متناظرين وأحدهما هو كروموسوم X الموجود أيضاً فى الأنثى . أما الآخر فيسمى كروموسوم Y ، وهو أصغر ، ومنحن فى أحد أطرافه .

وقرر مورجان ومساعدوه أن كروموسومات X و Y إنما ترجع إلى الخلايا الجنسية نفسها .

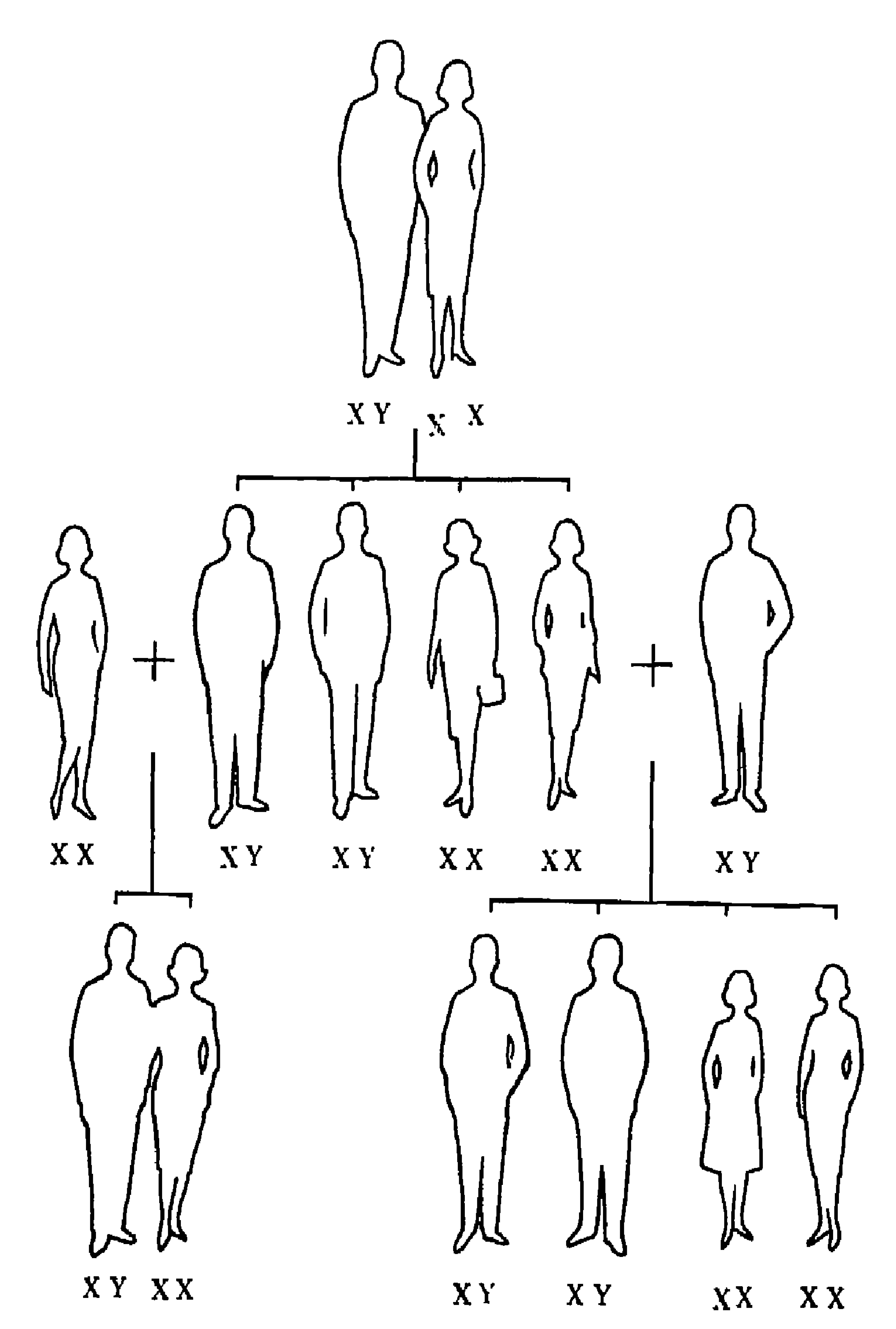
فنى الأنثى تحمل خلية كل بويضة تامة النمو كروموسوم X دائماً، أما فى الذكر فإن الخلايا المنوية تكون مجموعتين متساويتين تقريباً واحدة تحمل خلاياها كروموسوم X والأخرى تحمل كروموسوم Y .

وقد ثبت ذلك فى التجارب التى أجريت الواحدة تلو الأخرى . فعندما تتحد البويضة بخلية منوية تحمل كروموسوم X يكون النسل أنثى ،ويكون النسل ذكراً إذا كانت الخلية المنوية تحمل كروموسوم Y .

ولا يقتصر هذا المثل على ذباب الفاكهة، فوجود كروموسوم X أو Y فى الخلية المنوية فى معظم الكائنات بما فيها الإنسان هو الذى يحدد هل المولود ذكر أم أنثى . كما أن وجود نوعين من الكروموسومات الجنسية فى كل الكائنات العليا هو الذى يقسمها إلى ذكر وأنثى .

وكغيرها من اكتشافات الوراثة فإن هذه الحقيقة اصطدمت ببعض المعتقدات التقليدية ؛ إذ يعتقد الناس منذ قرون أن المرأة هى التى تعين جنس المولود . وكم من ملكات طلقن من ملوك فيما مضى لعدم إنجابهن ذكوراً . ولا عذر الآن للملك ، فقد أثبت مورجان سخف تلك المعتقدات .

وكان حل لغز كروموسومات X و Y من الأعمال التى قام بها مورجان ؛ إذ اكتشف فى يوم من الأيام ذكراً من الدروسوفيلا ذا أعين بيض من بين أقاربه ذوى العيون الحمر ، وكان أن جعل هذا الذكر يتزاوج بأنثى ذات أعين حمر .



يبين هذا الرسم كيف أن الصفة المرتبطة جنسياً مثل عمى الألوان تنتقل من جيل لآخر .

ويحمل الكروموسوم X (ذو اللون الأحمر) الجينات المتنحية . وهى تؤثر فقط فى حالة عدم وجود كروموسوم X (ذو اللون الأسود) إذ تحمل جينات الرؤية الطبيعية .

والصفات ذات الارتباط الجنسى أكثر شيوعاً بين الرجال لأن خلاياهم تحمل كروموسوم X واحداً فقط .

وظهر الجيل من الأبناء وكل أفراده ذوو أعين حمر ، مما يدل على أن الجينات الخاصة بالأعين البيض من نوع المتنحية . ثم تم تزاوج هذا الذباب بعضه ببعض، وكانت النتيجة مطابقة لقوانين مندل نفسه . إذ كان ¾ النتاج ذا أعين حمر والربع الباقى ذا أعين بيض . كان كل الذباب ذو الأعين البيض ذكوراً .

وأكثر من ذلك كانت نتيجة تهجين الإناث ذوات الأعين البيض بالذكور ذوى العيون الحمر أكثر إثارة ، إذ كان النتاج إناثاً ذوات عيون حمر وذكوراً ذوى أعين بيض ، مما يدل على أن الذكر ذا الأعين الحمر لم يتمكن من نقل جينات الأعين الحمر السائدة للأبناء . ولا بد من أن الصفة الخاصة بلون العين يتحكم فيها جين من النوع الذى يحمله كروموسوم X .

ومثل هذا الجين والصفة ، أو الصفات التى تحكمه تكون مرتبطة جنسيًّا ، وقد اكتشف مورجان أن الارتباط الجنسى لا يقتصر فقط على لون العين ، بل على الصفات الأخرى كالأجنحة الصغيرة والأجسام الصفر . والجينات التى تتحكم فى هذه الصفات تنتقل معها إلى كروموسومات X .

وفى الإنسان أيضاً يورث كثير من الصفات عن طريق الجينات ذات الارتباط الجنسى . ومن المعروف أن هناك أفراداً لا يمكنهم تمييز اللون الأحمر من الأخضر ، وهم غالباً من الذكور . ويمكن للإنسان أن ينقل هذه الصفة إلى أحفاده عن طريق ابنته على أنها هى نفسها لا تتأثر بتلك الصفة، وإنما تكون حاملة (Carrier) فقط .

وتعتبر القطط ذات الألوان الثلاثة مثلا هامًّا من أمثلة الارتباط الجنسى الوراثى . فى هذه الحالة يمكن أن تكون للقطة الأنثى فرو من ثلاثة ألوان — الأسود ، والأبيض ، والبرتقالى . وتنتقل جينات الفرو الأسود وجينات الفرو البرتقالى بواسطة كروموسوم X وكلاهما ليس من النوع السائد . (جين الفرو

الأبيض كروموسوم آخر). وإذا كان كروموسوم واحد من نوع X موجوداً – كما فى الذكر – فإنها تحمل جينا للأسود ، أو آخر للبرتقالى . ولكن إذا كان القطيط أنثى فإن الوراثة تحمل تسوية . فإذا كان كروموسوم واحد من نوع X يحمل جين الفرو الأسود والآخر من نوع X أيضاً يحمل جين البرتقالى فإن اللونين يظهران فى القط الملون .

ومن سوء الحظ أن الجينات ذات الارتباط الجنسى كغيرها من الجينات تسبب فى بعض الأحيان الأمراض للإنسان . ومن أهم أمثلة ذلك مرض نادر يسمى مرض سيولة الدم (الهموفيليا أو الناعور)، حيث تكون الجينات التى تتحكم فى النزيف غير سليمة ، إذ عندما تكون هذه الجينات فى حالة طبيعية فإنها تجعل الدم يتخثر عند تعرضه للهواء . أما فى المرضى المصابين بهذا المرض فإن الجينات تعجز عن أداء هذا العمل . والمصابون بهذا المرض معرضون للنزيف بدرجة خطيرة ولو من خدش صغير .

ويحمل كروموسوم X هذا الجين ولا تصاب السيدات بهذا المرض عادة لأن الجين الطبيعى الآخر الموجود بكروموسوم X يقيهم شر هذا المرض ، فى حين أن كروموسوم Y لا يعطى هذه الوقاية .

ولأن كروموسوم Y يحمل عدداً أقل من الجينات ، فإن كثيراً من جينات كروموسوم X ليس لها نظائر فى كروموسوم Y. وهذا ما ينطبق على الجين الخاص بتخثر الدم . وبسبب عدم وجود الجين الواقى من مرض سيولة الدم فى الرجال، فإنهم هم الذين يصابون بهذا المرض . غير أنه من الممكن أن يوجد فى المرأة ، وبذا يمكن أن تنقله من جيل لآخر .

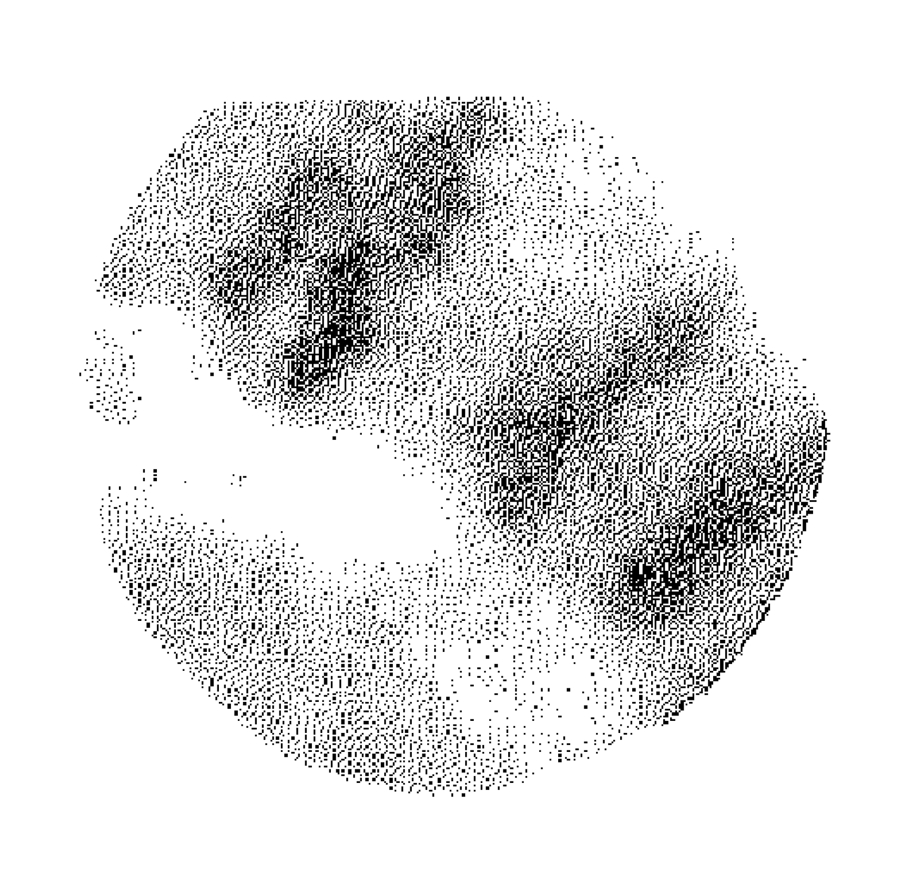
وكان هذا مصاب الملكة فكتوريا ملكة إنجلترا ؛ إذ يرى العلماء أنها كانت تحمل جيناً طافراً ، أو أنها توارثته من أبيها . وكانت هذه الملكة بصحة جيدة ، غير أن أحد أبنائها كان مصاباً بمرض سيولة الدم ، كما كانت اثنتان من

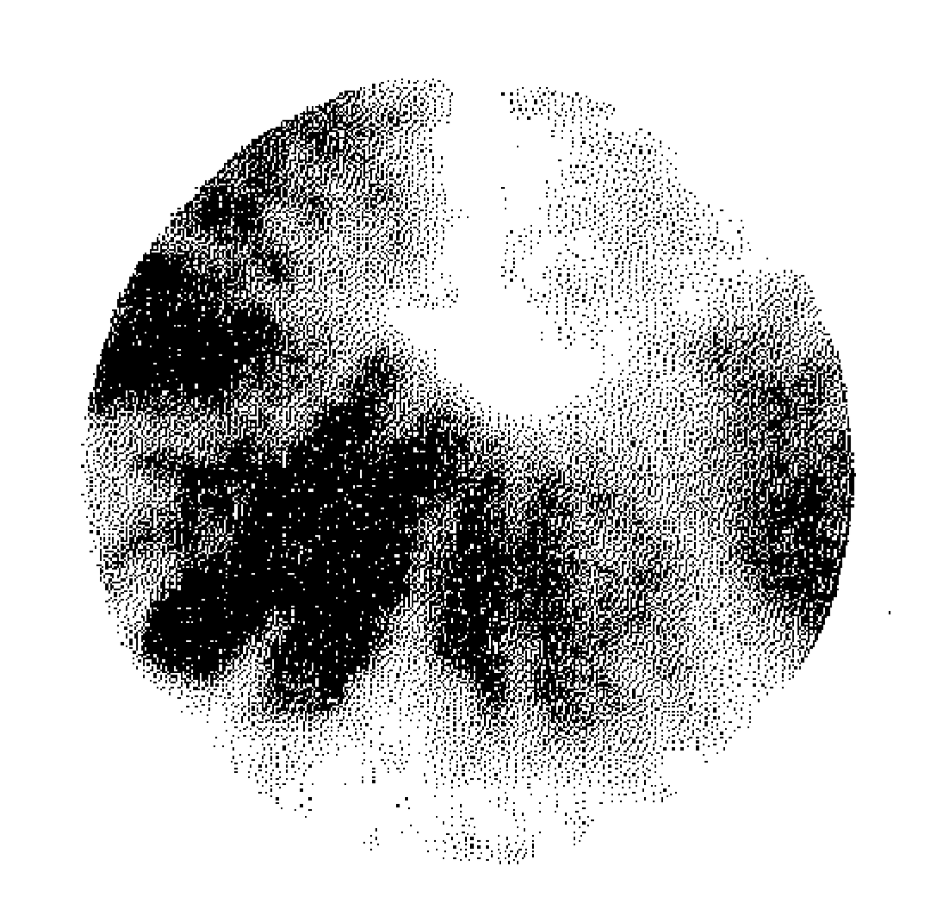
بناتها من « حملة » هذا الجين . وقد عاشوا جميعاً حتى تزوجوا وأنجبوا أطفالا ، وبذا انتقل المرض إلى أفراد الأسر الملكية الأخرى . وفى جيلين فقط كان ورثة عرشى إسبانيا وروسيا من ضحايا هذا المرض ، وشجع ذلك على حدوث قلاقل سياسية . فقامت ثورات فى كلا البلدين . ولو أن عوامل أخرى أسهمت فى سقوط تلك العروش إلا أن الجينات المريضة لعبت دوراً هاماً فى ذلك .

ومنذ ذلك الحين أحرز الطب تقدماً كبيراً فى مكافحة هذا المرض . ولو أنه من الأمراض الخطيرة إلا أن نقل الدم يوقف عادة شدة النزيف . غير أن العلاج الحقيقى لهذا المرض إنما يكون فى منعه .

وهنا أيضاً أحرز العلم تقدماً كبيراً . فى الوقت الحاضر أصبح من الممكن معرفة المرأة التى تحمل هذا المرض ، وذلك بفحص دمها ميكروسكوبياً وعمل اختبارات كيماوية .

وربما يأتى اليوم الذى يستطيع فيه الأطباء تعويض النقص فى حاملى هذا المرض أو فى من يتوارثونه . أما المرضى المصابون به فى وقتنا هذا فإنهم يجدون عناية أفضل بكثير مما كانت عليه الحال من قبل .





تخطيط الجينات

يعتبر الجزء من المائة من السنتيمتر فى عالم الجينات والكروموسومات شيئاً كبيراً ، إذ يبلغ طول أكبر الكروموسومات فى الإنسان حوالى $\frac{١}{١٠٠٠}$ من السنتى ، ويبلغ طول أصغرها حوالى $\frac{١}{٤٠٠٠}$ من السنتى .

وتعتبر الجينات من أدق الأجسام ، حتى إن أعظم الميكروسكوبات فى وقتنا هذا لا يمكن أن تظهرها . ويبلغ سمك الجين حوالى $\frac{١}{٤،٠٠٠،٠٠٠}$ سم فى حين أن طولها حوالى $\frac{١}{٤٠،٠٠٠}$ سم . وعندما تتجمع عدة مئات منها فإنها لا تشغل فراغاً أكثر من نقطة ، ويحوى الزوج من الكروموسومات حوالى ١٠٠٠ زوج من الجينات على الأقل وقد تصل إلى ١٠،٠٠٠ زوج منها . ولا يمكن تحديد ذلك .

ولو أنه من المستحيل حساب عدد الجينات ، إلا أن العلماء توصلوا إلى معرفة الكثير عنها ، وذلك من ملاحظة تأثيرها فى الصفات المختلفة . وكان اكتشاف

الجينات ذات الارتباط الجنسي التي تحملها كروموسومات X أول خطوة كبيرة فى هذا الاتجاه .

وتوالت بعد ذلك اكتشافات مشابهة . إذ لاحظ مورجان وزملاؤه فى كولومبيا أن الصفات التي تتحكم فيها الجينات ذات الارتباط الجنسى ليست وحدها الصفات المنقولة ؛ إذ يبدو أن كثيراً من المميزات الأخرى تنتقل فى مجموعات .

وبعد إجراء آلاف من التجارب على الدروسوفيلا أمكن استنتاج أن مندل ارتكب خطأ ؛ إذ ليست كل صفة مستقلة عن الأخرى كما كان يعتقد الراهب النمسوى . كما أن كل الصفات التي تحكمها جينات فى نفس الكروموسوم تورث بعضها مع بعض .

وأثناء الانقسام العادى أو الانقسام الاختزالى تعتبر الكروموسومات وحدات مستقلة ، أما الجينات فهى حبيسة داخلها .

وبالطبع لم يكن مندل يعلم شيئاً عن الكروموسومات ، إذ توفى قبل أن يسمع شيئاً عن اكتشافها . وعندما فهمت الكروموسومات على حقيقتها كان تفسير نتائج تجاربه سهلاً للغاية . ومن المصادفات أن نبات البازلاء يحمل سبعة أزواج من الكروموسومات ، وبالمصادفة أيضاً أن تلك الصفات السبع التي وجد مندل أن سلوكها مستقل كانت جميعها من كروموسومات منفصلة . ولو كان قد درس ثمانى صفات بدلا من سبع لكان فى الأرجح قد صحح خطأه .

واكتشاف مورجان له أيضاً استثناءات كما قرر هو بنفسه ؛ فإن بعض الصفات المرتبطة ببعضها فى الآباء تنفصل فى الأبناء . وسنبين هنا كيف يتم هذا الانفصال .

يوجد فى معظم الخلايا اثنان من كل نوع من الكروموسومات مكوناً زوجاً . وفى كل واحد من الزوج تكون الجينات التي تتحكم فى صفات معينة موجودة فى أماكن ثابتة بنظام تام .

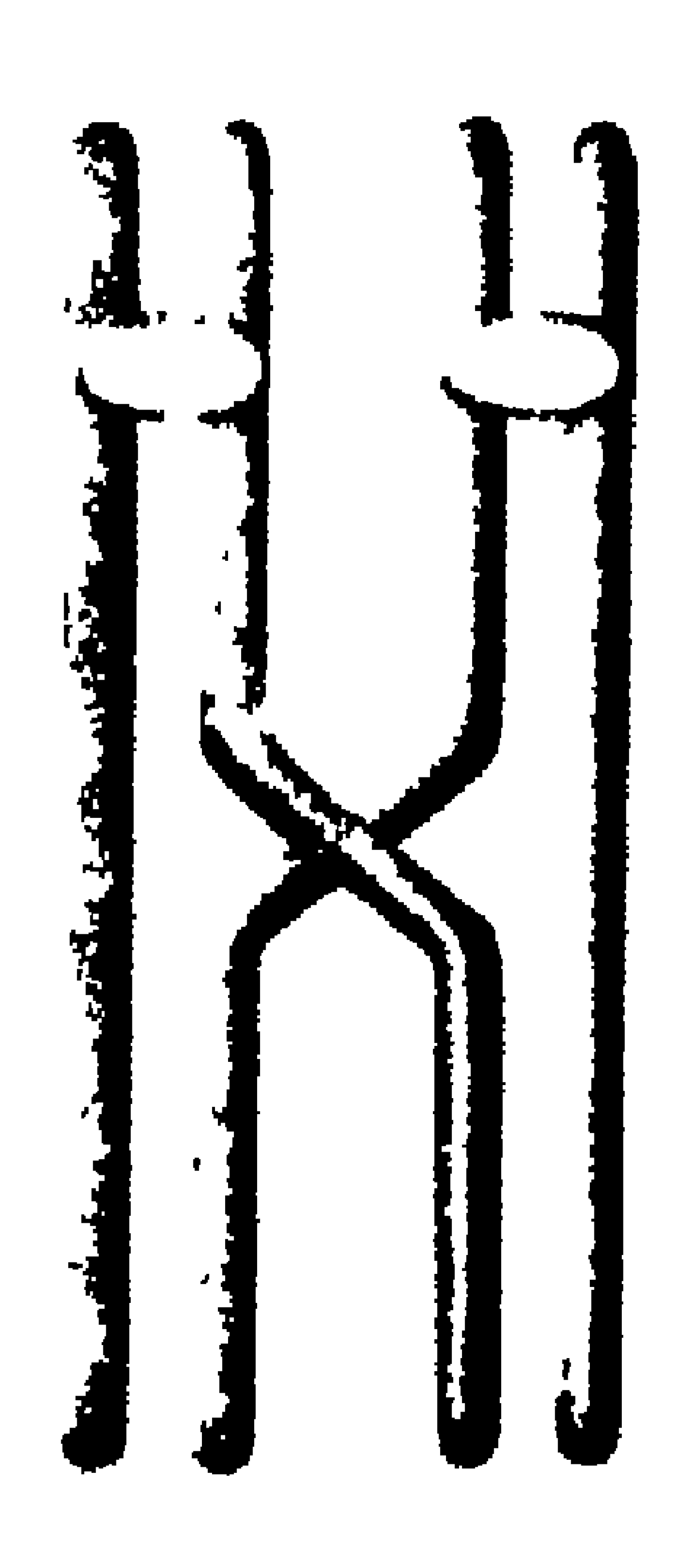
ويكون كل كروموسوم عادة وحدة مستقلة ، وتبقى الجينات الخاصة به بصفة مستمرة طوال الوقت. وخلال الانقسام الاختزالى يحدث تبادل بعض الأجزاء أو القطع بين كروموسومى الزوج . وتسمى هذه العملية بالعبور .

ويقتصر تبادل الجينات فيما بين كل زوج من الكروموسومات فقط ، ويمكن تبادل أى عدد من الجينات من جين واحد إلى كروموسوم بأكمله .

وبسبب هذا العبور فإن الصفات المرتبطة فى جيل واحد تصبح منفصلة ومن نتائج العبور اتحاد جينات مرتبطة فى الأبناء . بل وغالباً ما تؤثر فى مظهرهم .

وقد أوضح مورجان هذه القاعدة ، لا فى الدروسوفيلا فحسب ، بل فى كثير من الأحياء الأخرى . فقد زاره أحد المحررين فى معمله عام ١٩٠٨ ووجد عنده بخلاف الدروسوفيلا أنواعاً مختلفة من الفئران، منها الأرجوانية والزرقاء المنقطة باللون الأبيض على الظهر .

وبرغم ندرة وجود هذه الحيوانات خارج المعمل فإنها تظهر لنا بوضوح



يؤدى العبور إلى ارتباط جديد للصفات فى الأبناء ، وهذه إحدى الطرق التى تنال فيها الحياة تنوعاً .

الإمكانيات اللانهائية التغيير فى الطبيعة . فالعبور والانقسام الاختزالى والطفرة ما هى إلا طرق يتغير بواسطتها المسلك الوراثى . :

ولم يفهم بعد سبب حدوث العبور. غير أن مورجان لاحظ أن بعض مجموعات الصفات المرتبطة تميل إلى الانفصال أكثر من غيرها . ومن أجل دراسة مثل هذه الصفات بدقة ، فقد قام هو ومساعدوه بتربية عدد هائل من الذباب .

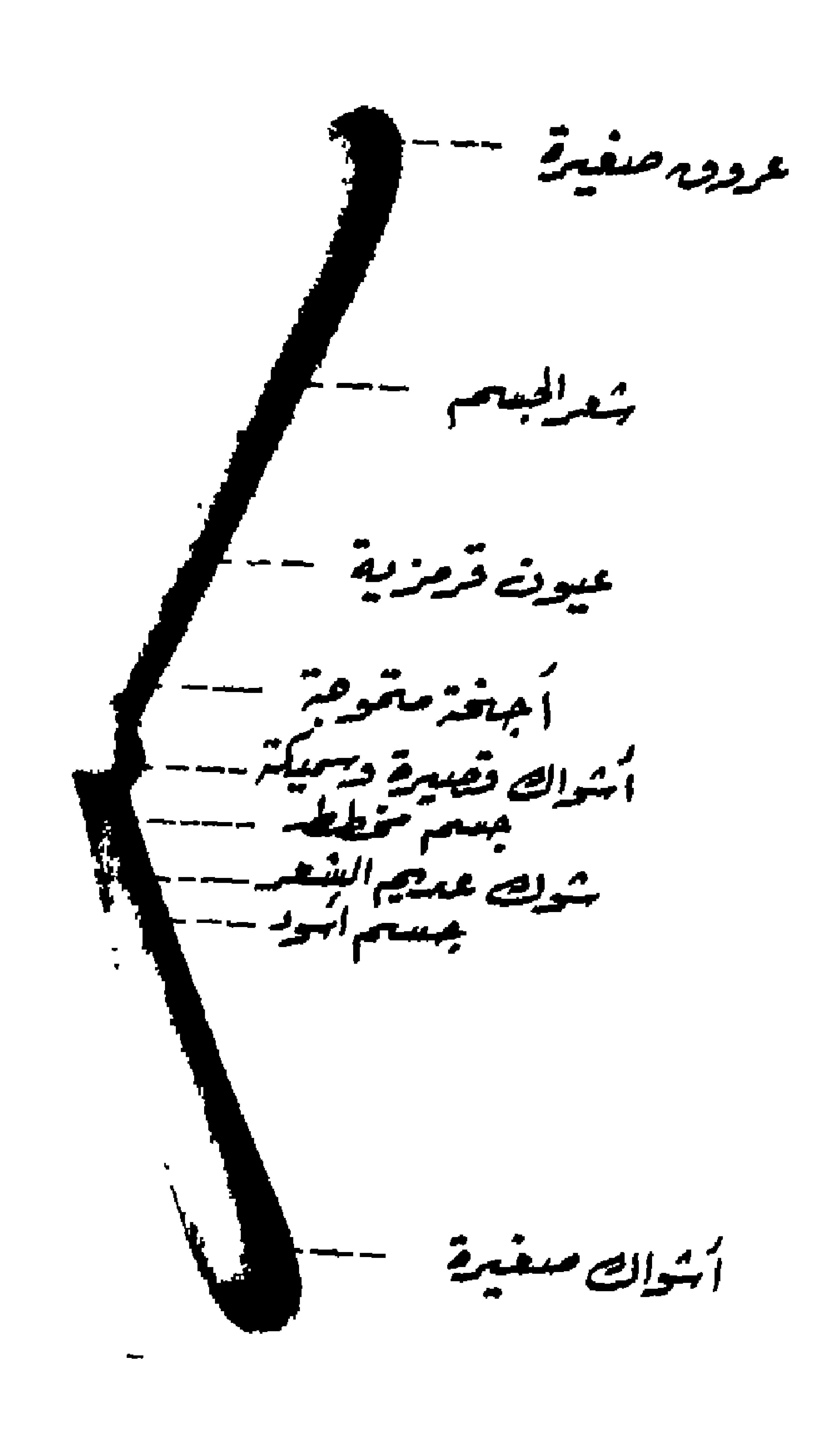
وكان هناك ذباب ذو أجنحة طويلة وآخر ذو أجنحة قصيرة أو منكمشة. كما كان هناك أيضاً ذباب ذو أعين حمر وذباب ذو أعين بيض أو أى لون آخر أو بدون أعين مطلقاً ، وذباب ذو أشواك مستقيمة وآخر بأشواك ذات شعبتين وقد أمكن المعمل فى النهاية إنتاج ما يقرب من ألف توليفة مختلفة من الصفات الجسمانية فى مجموعة الذباب الموجودة به .

وقامت « فرقة الذباب » فى كولومبيا بعمل سجلات عن كل الذباب الذى فى عهدتها مع تفصيل شامل بصفاته . وكان ذلك عملا شاقا . وكانت كل ذبابة تعرض لكمية ضئيلة من الأثير لتبقى فى سكون خلال فحصها .

وكان من المحتمل أن يبعث هذا « الروتين » الملل فى إنجاز تلك التجارب لولا أن أحد الباحثين الجدد كان — يدعى كالفين بريدجز — كان شديد الرغبة فى العمل بصبر ودقة ؛ إذ كان يريد التوصل لمعرفة موضع الجينات فى الكروموسومات إذا أمكن ذلك .

وتحت إرشاد مورجان درس بريدجز وخريج آخر يدعى ألفريد ستورتيفانت كل الطرق الممكنة فى كيفية ارتباط الصفات عندما تنتقل من جيل إلى آخر . وأخيراً توصل الباحثون إلى تقسيم التوليفات الجسمانية البالغ عددها ألفاً إلى أربع مجموعات . وأمكن بمواصلة الدراسة تحديد كل مجموعة لواحدة من الأربعة الأزواج من الكروموسومات الموجودة بذباب الفاكهة .

وقد توصل العلماء أخيراً إلى معرفة متى تنفصل الصفات الطبيعية فى



خريطة الجين فى كروموسوم ذباب الفاكهة .

الدروسوفيلا فى الآباء ومتى تكون ارتباطاً جديداً فى الأبناء . وبدراسة ظاهرة العبور أمكن عمل أول خريطة جينية .

ونلاحظ فى الصورة أن الخريطة تبدو صغيرة كالخرائط العادية . وقد اختير جين واحدا فى كروموسوم كنقطة بداية . ويدرس العلماء كيف تنفصل الصفة التى يحكمها الجين من الصفات الأخرى التى تحكمها جينات أخرى .

وفى حالة العبور يبادل جزء من الكروموسوم يحمل عدداً من الجينات مكانه مع جزء من زوج الكروموسوم . وكلما قلت فرصة انفصال صفتين بواسطة العبور زاد التصاق الجينات التى تحكمها . وكلما زاد انفصال مثل هذه الصفات بعدت بعضها عن البعض فى الكروموسوم .

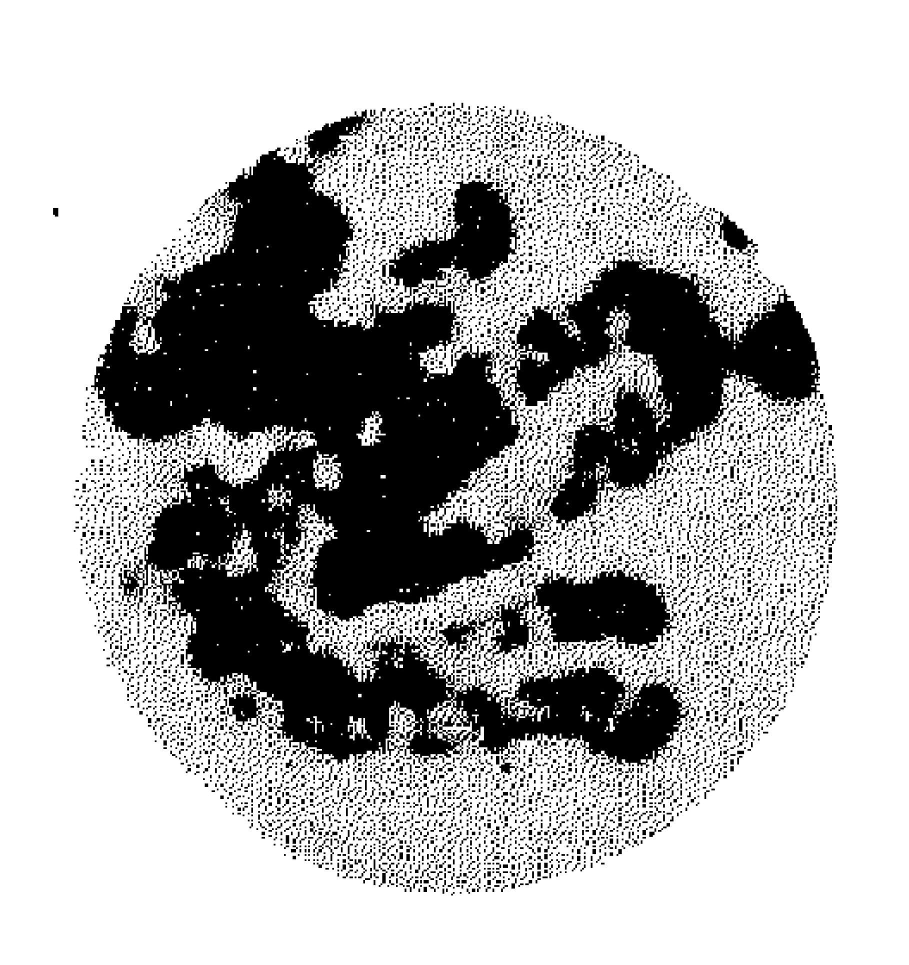
وقد عملت خرائط أخرى للجينات فى القمح وغيره وشملت عمليات حسابية كبيرة .

وإذا اعتبرنا أن عمل خرائط لجينات الدروسوفيلا يعتبر عملا ضخماً فيمكننا أن نتصور كيف سيكون هذا العمل عسيراً للغاية فى الأحياء الأكثر تعقيداً . ولهذا السبب ، ولأنه لا يمكن أن يلد الإنسان فى ظروف معملية كالدروسوفيلا ، فإن جغرافية كروموسومات الإنسان مازال معظمها مجهولا فيما عدا كروموسومات X و Y .

وبدراسة الأحوال التى بها ارتباط جنسى كعمى الألوان وسيولة الدم قد تم البدء فى تخطيط جينات الإنسان . وكما سنرى اهتدى العلماء إلى إيجاد طريقة جديدة فى الكشف عن طبيعة الجينات وأماكنها .

وربما يأتى اليوم الذى يمكننا فيه رؤية الجينات مباشرة بواسطة ميكروسكوب خاص . وقد أحرز أحد علماء جامعة أريزونا بمدينة توكسون تقدماً كبيراً فى عمل ميكروسكوب لهذا الغرض .





تغيير الجينات

كما هو الشأن فى أى تقدم علمى فإن خرائط الجينات الأولى أثارت العديد من الأسئلة كما أجابت على الكثير . ولقد كانت وما زالت هناك ألغاز كثيرة حول الوراثة .

ومن هذه الألغاز التى لم يجدوا لها تفسيراً مقنعا لغز كيفية نشوء الطفرة . وكما رأينا فى قصة المزارع رايت مع الحمل ذى الأرجل المقوسة ، فإن النتاج كان مختلفاً فى أوجه كثيرة عن الأبوين .

وأحياناً لا يتكون ذلك بسبب طفرة جديدة ، بل لفرصة تقابل جينات متنحية . ويحمل كل من الأبوين ذوى الشعر البنى جينات مستترة للشعر الأحمر ، وربما يكون لون شعور أولادهم أحمر باصفرار ولا يرجع ذلك إلى أن الجينات التى انتقلت إلى الأطفال قد تغيرت أصلا ، بل بسبب أن الوالدين يعتبران مخلطين من ناحية الشعر الأحمر . وهذا يعنى أن كل خلاياهم الجنسية لها

فرصة متساوية ، لحمل الجينات المتنحية للشعر الأحمر أو الجينات السائدة للشعر البنى . ومن الطبيعى أنه إذا كانت الجرثومة المنوية الحاملة لجينات الشعر الأحمر تقابل بويضة تحمل جينات نفس الصفة فإن الطفل سيكون بنى الشعر .

وكثير مما حولنا فضلا عن لون الشعر كلون الأعين وشكل الأذن والأنف يحكمها عدة جينات تعمل كلها فى ترابط . وهذا يعنى أنه من الممكن ألا نكون شبيهين بآبائنا كلية فى أوجه مختلفة بدون تأثير الطفرة .

على أن الطفرة قد تظهر ذاتيًا بصرف النظر عن الجينات التى يحملها الآباء . ومتى ظهرت فإن الجينات الطافرة (Mutant) يمكن أن تنقل إلى الأجيال المستقبلة .

ويعتبر جين مرض سيولة الدم الذى نقلته الملكة فكتوريا لأولادها مثلا رائعاً من أمثلة الطفرة ، وذلك لسببين :

أولهما : أن هذه صفة يمكن لذريتها أن تتوارثها كما يتوارثون شكل الأنف أو لون الأعين .

والسبب الثانى : أنها طفرة ضارة كشأن معظم الطفرات . وباستثناء القليل منها (وسنقصها فيما بعد) فإن الجينات المتغيرة لا تجلب لحامليها خيراً .

وتحدث الطفرة بشكل طبيعى فى كل الأجناس فى أى وقت ، على أنه فى بعض الحالات قد يسرع فى الظهور كما اكتشف ذلك عالم من « فرقة الذباب » فى كولومبيا — وهو هرمان ج . موللر .

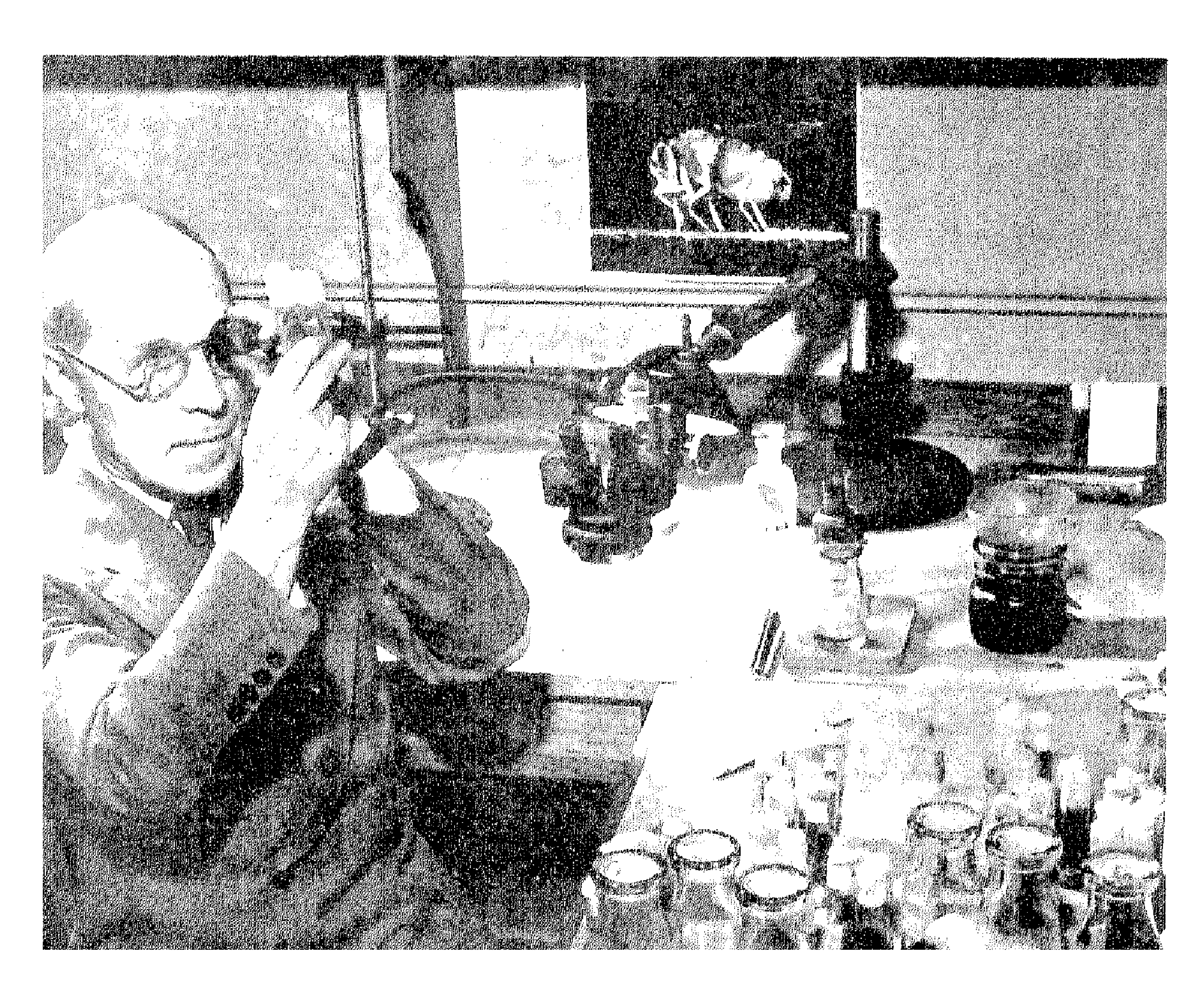
وكان موللر متعلقاً بالعلم من طفولته . وعندما كان فى السابعة اصطحبه أبوه إلى متحف التاريخ الطبيعى بنيويورك . وأثار اهتمامه عرض يوضح منشأ الخيل منذ العصور القديمة . ومن هنا بدأ تعلقه بعلم الوراثة .

والتحق بكلية كولومبيا وهو فى السادسة عشرة ، ودرس على البروفسير مورجان . وعندما بلغ الثامنة والعشرين كان قد أحرز درجتين علميتين . ثم التحق بجامعة تكساس ، وكان يلقى المحاضرات ويجرى البحوث العلمية .

وازداد شغفه بطرق الطفرة ، وقرر أن يعرض ذباب الفاكهة لأشعة إكس . وكانت النتائج مذهلة ؛ فبدلا من ٤٠٠ طفرة حدثت فى عدد من ذباب الفاكهة يقدر بعشرين مليون ذبابة حصل مولر على ١٥٠ ضعفاً من هذا العدد من الطفرات . وفى خلال الوقت الذى كان يربى فيه مجموعته من الذباب أمكن لموللر الحصول على جيل كامل من الأفراد الشواذ — كذوى الأجنحة المزدوجة أو العمى أو أى من الصفات الأخرى الغريبة .

ولا يمكن لمن لديه أى شك فى حقيقة الجينات إلا أن يصدق بوجودها ؛ وذلك لأن عاملا خاصًّا — وهو أشعة إكس — أمكنه أن يغير طبيعتها . وهو دليل أيضاً على أن الطفرة يمكن أن تكون من صنع الإنسان .

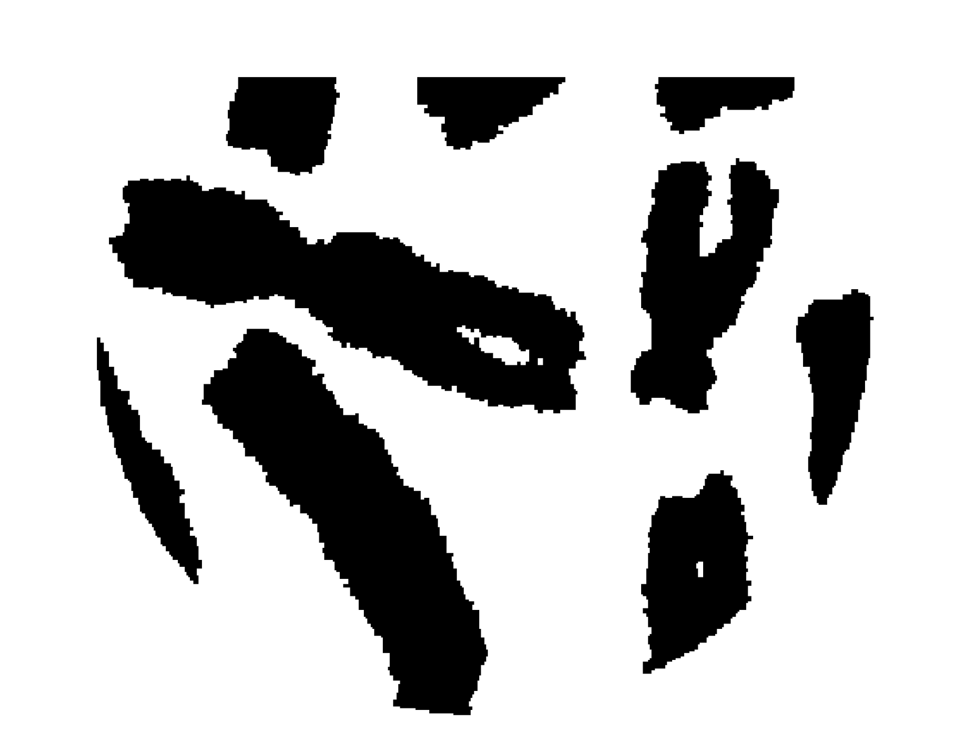
اكتشف هرمان ج. موللر من تجاربه على ذباب الفاكهة أن أشعة إكس تزيد معدل الطفرة .



ولكن ما سبب هذا التغيير ؟ أهو كيموى؟ أم هو مجرد انتقال الجينات من أماكنها فيما بين الكروموسومات خلال العبور ؟ لا أحد يعرف شيئاً عن ذلك حتى الآن . ولكن منذ ذلك اليوم لم يشك أحد فى وجود الجينات .

وفى عام ١٩٢٧ أعلن البروفسير موللر عن اكتشافه الذى نال عنه فيما بعد جائزة نوبل . ومنذ ذلك الحين ازداد اهتمامه بالإشعاع ، وذلك لأن جينات الإنسان والكائنات الحية الأخرى لها حساسية خاصة نحو أشعة إكس كجينات ذباب الفاكهة . كما أنها تضار بدرجة كبيرة من إشعاعات الأسلحة النووية .

على أن الإشعاع يخدم الإنسان خدمة جليلة إذا أحسن استعماله . فأشعة إكس تبين لطبيب الأسنان الفجوات الموجودة بالأسنان ، كما ترشد الطبيب إلى كسور العظام والأمراض التى يتعذر تشخيصها . ومن أنواع الإشعاع الأخرى ما يساعد الفلاح على تحسين محصولاته ، وما يسدى للبحوث العلمية أجلّ الفوائد ، وما يقلل من قوة تدمير الأورام السرطانية . على أن الإشعاع أداة يجب استعمالها بمنتهى الحذر .





الوراثة فى التوائم

منذ تنبه الإنسان لمشكلة الوراثة ، فإن موضوع التوائم بالذات كان أعظم مثير لاهتمامهم . وكان الناس ينظرون إلى ولادة التوائم نظرة غير عادية ويتطلبون لها تفسيراً خاصاً .

فقد تعتبر ولادة التوائم حظاً سعيداً للغاية ، أو كارثة كبيرة ، ويتوقف هذا على كونك من هنود بيرو أو من أفريقيا الوسطى .

فصديقك من بيرو يحدثك بأن التوائم لها تأثير سحرى فى الجو ، فهى تجلب الأمطار عند القحط ، وتهدئ من ثورة العواصف المزمجرة .

غير أن الحال فى الكونجو حتى عهد قريب ليس كذلك ، فالأم التى تلد توأماً يتحاشاها كل من يعرفها ، وقد لا يكلم أولادها أحد . بل تعتقد بعض القبائل أن المرأة التى تلد توأماً تجلب النحس لقومها ، وهكذا تدفع الأم الثمن غالياً بالعار . وهى ملعونة من سحرة قومها وتلطخ وجهها بالرماد كلما غادرت منزلها .

والفولكلور والعلم أمران مختلفان . وينظر الناس فى وقتنا هذا إلى التوائم نظرة لا هى بالحسنة ولا هى بالسيئة وإنما نظرة إلى حادث طبيعى يأتى مرة فى كل ٨٧ ولادة .

ويزيد عدد التوائم التى يصعب تمييزها بعضها عن بعض على ربع عدد التوائم جمعاء ، ويسمى هذا النوع بالتوائم المماثلة ، وينشأ التوأم هنا من انقسام زوجى فى بويضة مخصبة فى مرحلة مبكرة . وهذه التوائم دائماً من جنس واحد ، وذلك بسبب وجود نفس الطاقم من مجموعة الكروموسومات والجينات فى كل منها .

ويمكن اعتبار الواحد من التوأمين مرآة للآخر ؛ بمعنى أنه إذا كان أحدهما أشول فإن الآخر لا يكون أشول ، وإذا كان نمو شعر رأس أحدهما فى اتجاه عقرب الساعة يكون شعر الآخر ضد اتجاه عقرب الساعة .

غير أن جينات كل منهما متشابهة تماما ، ودمهما من نفس الزمرة ، وأعينهما من لون واحد ، كما أن بصمات الأصابع واحدة ، وغالباً ما تكون لهما نفس المواهب . وإذا كان لأحدهما موهبة موسيقية فلا تعجب أن يكون للآخر نفس الموهبة .

والأكثر شيوعاً من التوائم المماثلة تلك المسماة « بالتوائم المتآخية » ، وهى التى تنشأ من بويضتين منفصلتين لقحتا مصادفة فى وقت واحد . وفى هذه الحالة يكون الشبه عادياً لا أكثر من تشابه بقية أفراد الأسرة . وغالباً ما يكونان مختلفين فى الجنس .

ودراسة التوائم تفيد العلماء ، إذ تتيح لهم أن يدرسوا كيف نتأثر بكل من الخبرة التى نكتسبها والجينات الخاصة بنا . وقد تتبع العلماء آلاف التوائم منذ كانوا فى المهد .

وحتى التوائم الذين تباعدوا منذ طفولتهم يتميزون بتشابههم أكثر مما يتميزون باختلافهم ، ومهما تباينت درجات معيشتهم وتعليمهم فإن التوأم يشبه أخاه تماماً من الناحية الجسمانية . على أنه لا يمكن اعتبار التوأمين متشابهين تماماً .

ولا يوجد شخصان متشابهان تماماً ؛ لأنه لا يوجد اثنان مرّا بنفس التجارب والبيئة، والجينات . و بمعنى آخر،فإن عواملنا الوراثية ، هي التي تشكلنا بما نحن عليه . أما ما سنصبح عليه فإنه يتشكل بما يحدث لنا وما نفعله بمواهبنا ، وبذا يكون الجدال التقليدى فى أيهما أهم : الوراثة أم البيئة ، مضيعة للوقت .

حقيقة أن الوراثة تفرض علينا بعض الصفات مثل بصمات الأصابع والتركيب الكيموى للدم، ولكن منذ اللحظة الأولى التى تبدأ فيها حياتنا فى أجسام أمهاتنا حتّى أنفاسنا الأخيرة ، فإن خلايانا تتأثر بالخلايا التى حولها وبالعوامل الخارجية .

ولقد كانت هيلين وجلاديز توأمين شديدى التشابه ، تيتمتا فى الثانية من عمرهما، ولم تتقابلا حتى بلغتا الثامنة والعشرين . وخلال هذه المدة تبنت إحدى الأسر هيلين وألحقتها بالجامعة ، وبعد تخرجها عملت بالتدريس وتزوجت وأصبحت لها أسرة .

أما جلاديز فكانت أقل حظًّا . ولم تكد تتم السنة الثالثة فى مدرستها حتى مرض الأب بالتبنى ، وكان على الأسرة أن تنتقل إلى منطقة جبلية بعيدة خالية من المدارس . وبعد مضى مدة عادت إلى منطقة مأهولة ، ولكن الفرصة كانت قد فاتت لتتم تعليمها . وكانت جلاديز تقوم بمساعدة أسرتها بالمنزل حتى بلغت السابعة عشرة حيث التحقت بائعة ثم كاتبة بإحدى الشركات حتى تزوجت .

وإذا استثنينا خبرة التعليم فقد كانت حياتهما متشابهة إلى حد كبير لدرجة أنه إذا عالجت إحداهما أسنانها عالجت الأخرى نفس الأسنان . على أن هيلين لم تكن صورة طبق الأصل من شقيقتها التوأم جلاديز. وكانت هيلين اجتماعية بحكم قضائها أربع سنوات بالجامعة ، بعكس جلاديز التى كانت أقل جاذبية ، ولم تكن اجتماعية كأختها ، وكان خطها رديئاً ، ودرجة ذكائها فى الاختبارات المدرسية ضعيفة . وواضح من كل ذلك أن هاتين الشقيقتين التوأم كانتا مختلفتين بسبب اختلاف تجاربهما وليس بسبب الجينات .

لقد كانت دراسة التوائم ذات فائدة جليلة أيضاً فى ميدان الطب ، وذلك باستقصاء مصدر العيوب الوراثية والأمراض ، وعندما يكون كل من التوأمين مصاباً بعمى الألوان يقال إنهما متناسقان فى هذا النقص . « و التناسق » فى كل الصفات يحدث دائماً فى التوائم المتماثلة أكثر مما يحدث فى « التوائم المتآخية » كما أنه يحدث فى التوائم المتآخية أكثر مما يحدث بين الإخوة العاديين ، وذلك لأن كلا من الأخ التوأم قد يكون فى الأم فى وقت واحد .

ولا تعتبر إصابة التوأم المتماثل بنفس المرض دليلا على أن المرض وراثى . وهنا يجب اعتبار أن الوراثة شىء والبيئة شىء آخر . فالتجارب المتشابهة ، لا الجينات المتشابهة ، هى غالباً سبب اعتلال الصحة .

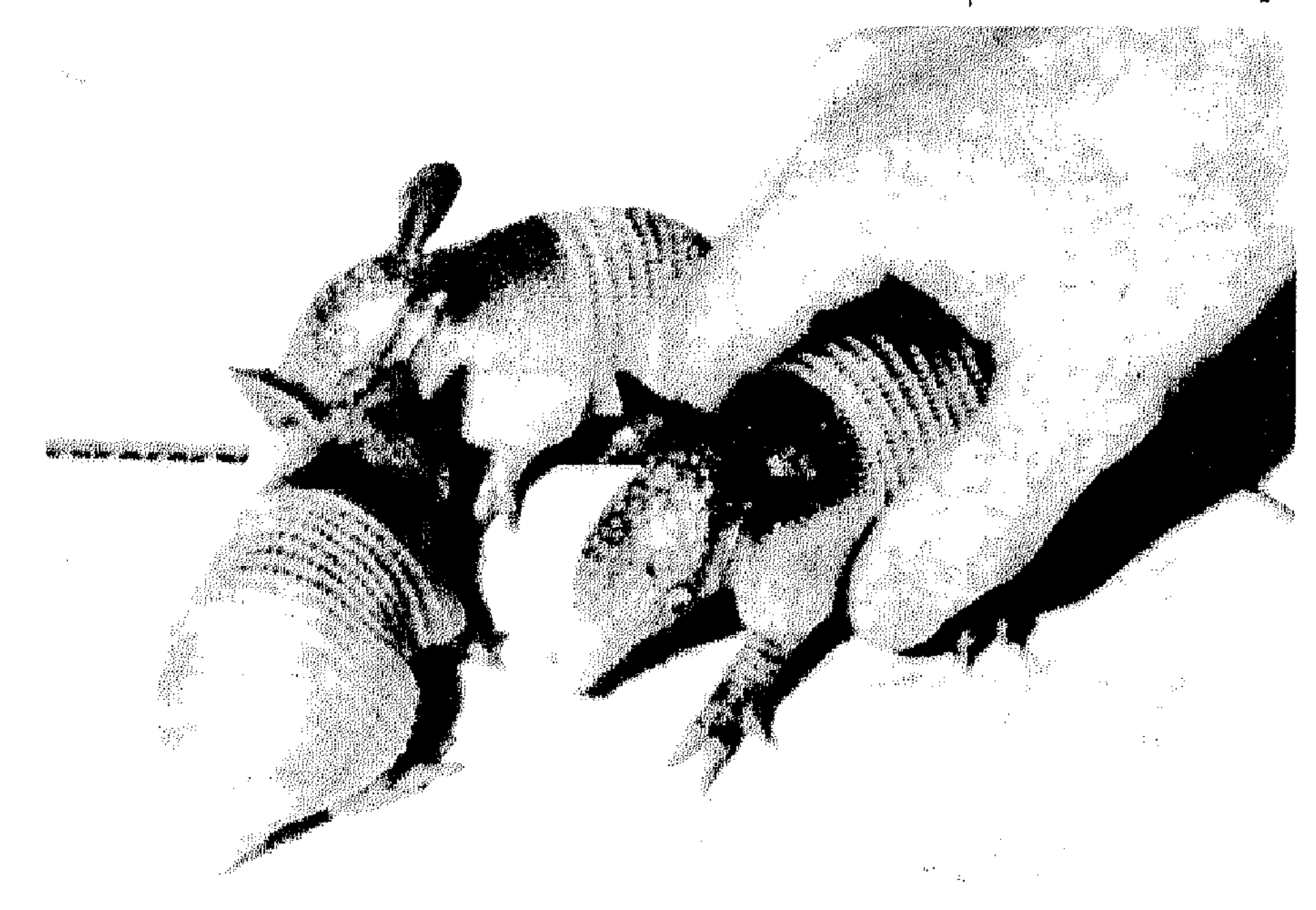
إن الصحة أو المرض غالباً ما ترجع إلى مدى استجابة أجسامنا إلى البيئة المحيطة بنا . وهذا التجاوب بدوره يتأثر بالجينات . وتلعب الجينات دوراً رئيسياً أو جزئياً فى الأمراض حسب نوع المرض نفسه . ففى مرض سيولة الدم مثلا تكون الجينات هى المسئولة ، فى حين يسبب سوء التغذية الهزال مهما تكن الجينات .

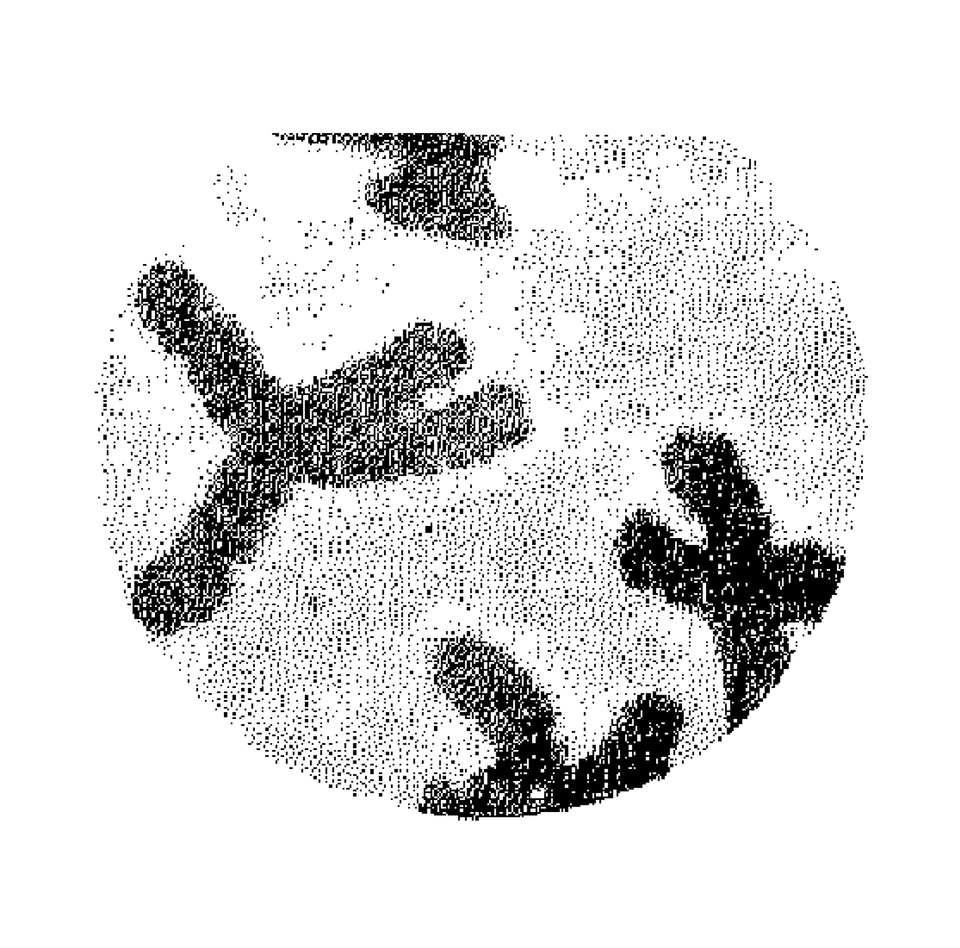
ومن المعروف أن الناس يختلف بعضهم عن بعض فى رد الفعل الذى تحدثه العوامل الضارة بالصحة التى تحيط بهم . وهناك اعتقاد متزايد أن هذا يعود إلى اختلاف الجينات التى يحملونها .

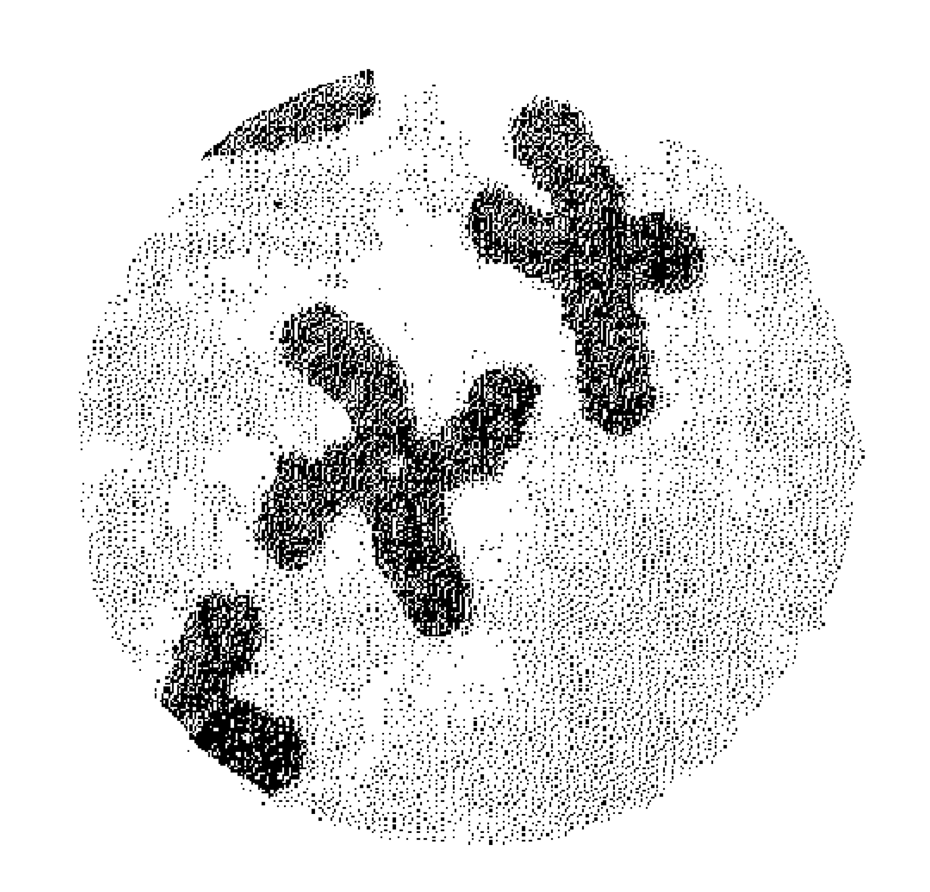
وتعتبر التوائم الثلاثية والرباعية والخماسية وحتى السداسية أموراً طبيعية تحدث من آن لآخر . وكلما زاد عدد التوائم ندر حدوثه فى الولادة الواحدة . فبينما تكون نسبة التوائم الثلاثية مرة لكل ٧٥٦٩ ولادة فإن التوائم السداسية تأتى مرة فى كل ٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ولادة . ومعظم التوائم الثلاثية والأخرى عديدة التوائم خليط من التوائم المماثلة والأخرى المتآخية .

وما ينطبق على الإنسان ينطبق أيضاً على مجموعة المملكة الحيوانية ، على أن التوائم العديدة أكثر شيوعاً فى الحيوانات الدنيئة . وهنا تكون التوائم من نوع « المتآخية » . والتوائم « المتشابهة » نادرة الحدوث فى الطبيعة باستثناء أنثى حيوان الأرماديلو ولا يتفوق عليها من الأمهات الآدميات سوى القليل . فى كل ولادة لأنثى ذلك الحيوان تولد أربعة توائم ، وكلها تأتى من بيضة واحدة .

يثير الأرماديلو اهتمام العلماء لأن عدد مواليده دائماً أربعة وكلها من بيضة واحدة .







الوراثة والتطور

أنت هو أنت ، لأن مجموعة خاصة من الجينات التى توارثتها عن أبويك قد تشكلت بمجموعة معينة من الظروف .

وأنا هو أنا لنفس السبب .

وكذلك الحال فى كلب الجيران ، والزهرة المزدهرة فى البستان ، والطائر المحلق فى الجو .

أو بمعنى آخر فإن كل واحد منا فريد فى نوعه ، إذ أن مجموعة جيناته الخاصة به لن تعود ثانية ، ولن تواجه نفس ظروفه .

ومن جهة أخرى ليست هذه الأمثلة التى ذكرناها فريدة فى نوعها ، ولكن كلا منها فرد فى المجموعة ، وتتكون المجموعات من الناس أو الكلاب أو الأزهار أو الطيور . وعلم الوراثة يبحث أكثر ما يبحث فى روابط وتاريخ المجموعات ، كما يبحث فى روابط وتاريخ الفرد ، إذ أن الصلة بينهما وثيقة .

وقد اعتاد الناس الاعتقاد بأن جميع الكائنات الحية كانت دائماً بالشكل التى هى عليه الآن . واعتقدوا أيضاً أن كل مخلوق هيئ لأن يكون مستقلاً ، وأن يشق طريقه فى الحياة ، وإن عهد ذلك ليس ببعيد جداً — ٦٠٠٠ سنة على الأكثر . واستمرت هذه المعتقدات حتى القرن التاسع عشر .

على أنه منذ القرن السابع عشر كان هناك شك فى تلك المعتقدات ، وكان العالم الإنجليزى جون راى يعتقد أنه كانت هناك أنواع من الحياة اختفت من عالمنا هذا . وانبثق هذا الاعتقاد بعد دراسته للحفريات وآثار النبات والحيوان المحفوظة خلال الصخور . وكان يتساءل عما إذا كانت تلك الحفريات تمثل سلالات معينة ، ولكنه وجد أنه لا مثيل لها فى عالم الأحياء وقتئذ .

وفى القرن التالى حصل إنجليزى آخر وهو وليم سميث على معلومات أكثر عن تلك الحفريات ، وكان يستأجر أرضاً لشق قناة . وعندما حفرت القناة لاحظ أن الصخور على جانبيها كانت مقسمة إلى طبقات ، وأن كل طبقة تحتوى على أنواع معينة من الحفريات . وكان مما أثار سميث تدرج تلك الحفريات من بسيطة إلى مركبة . وكلما زاد عمق طبقة الصخور زادت بدائية الحفريات وأمكن بذلك تقدير عمر الحفريات حسب أماكنها فى طبقات الصخور .

وأمكن للعلماء فيما بعد تحديد عصورها حيث كان قد أصبح من المعروف أن عمر الأرض أكبر بكثير مما كان مقدراً لها — ربما من ثلاثة إلى عشرة بلايين من السنين .

وفى نفس الوقت بدأ علماء التاريخ الطبيعى يتساءلون عما إذا كان كل نوع من الكائنات قد خلق مستقلاً ليحيا بطريقته الخاصة .

وكان الفرنسى الكونت بافون أول المتشككين وكان يتساءل : « إذا كان كل نوع من الكائنات قد خلق مستقلاً فلماذا تتشابه عظام يد السلحفاة وجناح الخفاش وأرجل الكلب وجهاز الحفر فى حيوان الخلد تشابهاً كبيراً ؟ واحد

يسبح وواحد يطير وواحد يجرى وواحد يحفر. وكلها تعيش بطرق مختلفة كل الاختلاف ؟ » .

وعلاوة على ذلك فإن بعض الكائنات تحمل صفات لا فائدة فيها لها، كما لاحظ بافون ذلك فى الخنازير بصفة خاصة ، فللخنزير أربع أصابع فى كل قدم ، ولكنه يسير جيداً على إصبعين منها فقط . أما الإصبعان الأخيرتان فلا تلمسان الأرض .

ولم يفكر بافون فى أن هذه الأصابع التى لا فائدة فيها قد خلقت خصيصاً للخنزير ، واعتقد أنها ورثت من أجداد تكامل فيها نمو الأصابع الأربع ، وانتهى إلى استنتاج أن الحيوانات التى تتشابه أرجلها وتختلف فى أشياء أخرى لا بد أنها توارثت تكوين تلك الأرجل من أجداد مشتركة . فإذا اختلفت الحيوانات المتشابهة فإنما يرجع ذلك إلى أنها عاشت فى أماكن مختلفة وتحت ظروف متباينة . ثم انكمشت هذه الاختلافات تدريجياً خلال الأجيال ذات التغير الوراثى .

وقد تألقت قبل بافون وبعده هذه الفكرة التى نسميها الآن بنظرية النشوء والتطور فى أذهان علماء التاريخ الطبيعى . ولكن لم يتمكن أحد منهم، بما فيهم بافون ، أن يفسر كيفية حدوث النشوء والتطور . وحتى هؤلاء الذين كانت نظرياتهم أقرب إلى الحقيقة لم يأتوا بالبينة التى توضح لنا تلك الظاهرة . بل كثيراً ما جاءت أفكارهم مخيبة للآمال .

فى ٢٧ من ديسمبر سنة ١٨٣١ أبحرت سفينة ذات ثلاثة أشرعة من أحد الموانى ، بالقرب من بليموث بإنجلترا فى رحلة استكشافية متجهة إلى أمريكا الجنوبية ، وكان اسم السفينة هـ . م . س بيجل ، وأبحر معها شاب حديث التخرج من جامعة كامبردج فى سن الثامنة والعشرين . هذا الشاب كان تشالز داروين ، وقد ذهب فى مغامرة كانت سبباً فى أعظم الاكتشافات حتى الآن .

وكما فعل من قبله روبرت براون فإن داروين أمضى مدة تمرينه فى خدمة العلم كعالم من علماء الطبيعة فى تلك السفينة. ولم تكن له دراية أو خبرة سابقة بالعلم، ولم يكن من المتفوقين فى دراسته فضلا عن أن دوار البحر كان يضايقه كثيراً .

وكان داروين يدرس الطب بجامعة أدنبره بأسكتلندا . ولم يكن التخدير معروفاً فى ذلك الوقت ، وكانت آلام المرضى فى العمليات الجراحية فوق ما تتحمل أعصاب داروين ، فاضطر إلى هجر الطب مما سبب تعاسة شديدة لوالده الطبيب.

وكان عليه بصفته من أبناء الطبقة العالية أن يختار بين اللاهوت والقانون . وكان الأول أكثر إغراء له فأرسل على عجل إلى كامبردج ليهيأ لهذا العمل . وهناك عقد أواصر الصداقة مع جون ستيفنز هنسلو أستاذ النبات وآدم سد جويك

شارلس داروين



أستاذ الجيولوجيا ، وقد عمل الاثنان معاً على إشباع رغبته فى العلم . وكانت نتيجة ذلك أن قضى داروين معظم وقته خارج المنزل بدلا من دراسة اللاهوت . وعندما عرضت على هنسلو وظيفة على السفينة لم يقبلها وعرضها على داروين .

وفزع داروين عندما وجد أن مكانه فى السفينة متعب للغاية . وبرغم ذلك ، وما أصابه من دوار البحر ، فقد قام بنصيبه من العمل وتسجيل كل ما رآه بالتفصيل . وعند ما كانت السفينة تشق طريقها من جزيرة إلى أخرى ، وعلى طول شواطئ مجهولة كانت تستحوذ على العالم الصغير فكرة واحدة ، وهى أنه كلما زاد اقتراب مجموعة من الجزر بعضها من البعض أو من الأرض تشابهت نباتات الاثنتين وحيواناتهما . وكلما تباعدت أو انفصلت بعيداً بالجبال أو الصحراء زاد اختلاف كائناتهما الحية .

ولم يتأثر داروين من كل ما رآه قدر تأثره بجزر جالاباجوس . وهى تبعد عن غرب أمريكا الجنوبية بحوالى ١٠٠٠ كم ، وكأنها بذاتها عالم صغير بطيوره وعظاءاته وسلاحفه ، حيث لا توجد فى مكان آخر . وكانت الأيام القليلة التى أمضاها بالجزيرة نقطة تحول فى تفكيره . وكتب فى جريدته فيما يختص بكل من الزمان والمكان يبدو . . . أننا أصبحنا قريبين من لغز الألغاز . . . أول ظهور كائنات جديدة على الأرض .

وتقع جزر جالاباجوس فى المحيط وقد شطرت من قاعه ، ولم تتصل فى يوم ما بأراضى أمريكا الجنوبية . غير أنه منذ القدم كانت الرياح والتيارات تحمل النباتات إليها . كما جاءت إليها الحيوانات أيضاً . وعندما أصبحت منعزلة عن مواطنها الأصلية أصبحت تلك الطيور والعظاءات و « السلاحف » مختلفة تماماً عن أجدادها التى انحدرت منها . وبذا أصبحت تلك الجزر وكأنها معمل منظم لدراسة النشوء والتطور عملياً .

وقد جذبت طيور الشرشور بصفة خاصة انتباه داروين ، إذ كانت شديدة

الشبه بالطيور التى سبق أن رآها فى الأراضى الرئيسية ، غير أنها كانت فى الجزر مكونة من ١٣ نوعاً بدلا من نوع واحد . كما وجد داروين أنه لا يوجد اثنان منها يتنافسان على نوع واحد من الطعام .

وبينما كانت الطيور التى تعيش فى الأراضى الرئيسية من النوع الأرضى وذات منقار مهيأ لالتقاط نوع خاص من البذور ، كان لكل نوع من طيور جزيرة جالاباجوس منقار يناسب غذاءه الخاص . فضلا عن أن بعض تلك الطيور أصبحت من آكلات الحشرات وتسكن الأشجار . وكان بعضها من النوع الذى ينقر خشب الأشجار برغم قصر ألسنتها للبحث عن الحشرات ، وذلك بأن تضع فى منقارها غصناً أو شوكة من نبات الصبار وتستعملها أداة لالتقاط الحشرات من الأشجار . وفى ذلك يقول داروين ... « إن نوعاً من الكائنات قد انتقل وتكيف ليخدم أغراضاً مختلفة » .

وأخيراً أبحرت السفينة بيجل من جزر الجالاباجوس قاصدة أستراليا والمحيط الهندى فى رحلة استغرقت حوالى خمس سنوات . ومرت الشهور وما زالت فى مخيلة داروين طيور الجالاباجوس ، وتحول خياله إلى حقيقة راسخة عن سبب وجود أشكال مختلفة فى كل كائن حى . وبمجرد عودته إلى وطنه كتب إلى أحد أصدقائه العلماء : « وصلت إلى استنتاج أنه لا توجد كائنات حية قد خلقت خلقاً مستقلاً خاصاً وأن الأنواع ما هى إلا أصناف ذات تمييز واضح ، وأنها أصناف متباينة محددة تماماً » .

وبسبب المرض لم يتمكن داروين من زيارة الأرجنتين كما لم يقم برحلات طويلة أخرى . وفى السنوات التالية أخذ يدرس ما شاهده فى رحلة بيجل . ومن هذه الدراسات ومن تجاربه التى أجراها فى مزرعته على تربية الحيوان صاغ معانى التطور ، وهى المعانى التى وحدت علم الأحياء .

وقد شرح داروين نظرياته فى أفضل كتاب له وهو كتاب أصل الأنواع

الذى نشر عام ١٨٥٩ . وقد أصبح من الكتب العلمية الكلاسيكية وما زال يقرأ بمتعة فى وقتنا هذا .

وبعكس العلماء الأسبقين الذين اكتفوا بملاحظة التطور ، فإن داروين قام بشرح الأسس الشهيرة للانتخاب الطبيعى (Natural Selection) وهى تتلخص فى أن كل الكائنات تنتج أفراداً أكثر مما يحتمل أن يعيشوا بكميات الغذاء الموجودة ، ولا يبقى ويتكاثر سوى الذى يتغلب على منافسيه . وأن الهدف هو بقاء النوع .

ويقع الصراع على مستويين ، وأحياناً تموت الأفراد الضعيفة من المجموعة الواحدة ، ولكن عندما تكون كل أفراد المجموعة ناقصة فى الاستعداد إذا قورنت بغيرها من المجموعات ، فإن هذا النوع من الكائنات بأكمله ربما يكون مصيره الفناء . وهذا ما حدث فعلا للديناصور الذى اندثر لشراهته الزائدة وقلة حيلته .

ومن جهة أخرى لا يوجد مولودان متشابهان تماماً فيما عدا التوائم المتماثلة . والاختلاف بين الأفراد غالباً ما يكون قليلا ، ولكنه له أهميته فى بعض الأحيان . وللحيوان الذى يتلون حسب البيئة التى يعيش فيها ميزة على منافسيه . وكذلك الحال فى النبات الذى يمكنه أن يعيش على كمية ضئيلة من الشمس فى جو غير مشمس . وإذا كانت هذه التغيرات طفرات تنتج مثلها تماماً فإنه من الممكن أن تنتج أنواعاً جديدة . وتدخل كائنات جديدة عندئذ بدورها فى صراع الحياة لتعيش . وفى بلايين السنين من عمر عالمنا هذا يقدر ما يقطن فى وقت واحد ما يقرب من ٥٠٠ مليون نوع من الكائنات الحية . وقد بقى من كل هذا العدد حوالى المليونين وذلك نتيجة عملية الانتخاب الطبيعى .

ولكن هل انتهى التطور ؟ وهل تغيرت النباتات والحيوانات والإنسان بالشكل الكافى ؟ يجيب العلماء على ذلك بالنفى . ولكنهم يعتقدون أن عملية التطور قد أبطأت . وذلك لأن الكائنات فى عصرنا هذا أصبحت كأصلح المخلوقات ، فلم تعد فى حاجة إلى

تغيير جوهرى ، وهذا من أسباب عدم جدوى الطفرات حالياً ، بل ضررها للكائنات بدلا من أن تنفعها .

ويشذ عن ذلك البكتيريا التى تتكون لها حصانة ضد العقاقير ، فهناك كثير من أنواع البكتيريا من بينها ما يحمل جينات ذات طفرة مما يمكنها من مقاومة البنسلين أو غيره من مضادات الحيوية . فإذا انتقلت هذه الجينات إلى أجيال جديدة كما هى العادة تكونت عن ذلك سلالات جديدة من البكتيريا لا تتأثر بتلك العقاقير .

وهذا يحقق ما يتطلبه التطور ؛ فالبكتيريا التى تحمل جينات طافرة تعرضت لعملية انتخاب طبيعى لتستمر فى الحياة ، وقد أصبح بقاؤها أكبر .

ونظريات داورين تبدو معقولة فى وقتنا هذا ولكنها سببت هياجاً فى القرن التاسع عشر ، فالأديان والفولكلور تنادى بأن عقل الإنسان جعل منه كائناً ممتازاً . ونظرية التطور تقول إن الإنسان من نفس طبيعة الكائنات الأخرى . وعقل الإنسان الذى لا شك أنه أفضل من غيره يقال حسب نظرية التطور إنه نشأ عن أشكال بداثية ، بل إن كل شىء فى الإنسان يمكن أن يرجع إلى أشكال بداثية ، وفى النهاية إلى أكثر الأشكال بداثية ، أى إلى الحيوانات وحيدة الخلية .

وقد قوبلت آراء داروين فى أن الإنسان لا يتميز عن باقى المخلوقات بمعارضة شديدة وأثارت جدلا كبيراً .

ومن حسن الحظ أن الأيام تغيرت وكذلك طرق التفكير . وأصبح مما يثير معظم الناس أنهم ينتسبون إلى كل ما ينبض بالحياة . وقد قال داروين فى كتابه « أصل الأنواع » : « هناك عظمة وجلال فى هذا الرأى عن الحياة . فمن تلك البداية المتناهية فى البساطة تطورت وما زالت تتطور أنواع لا حصر لها وغاية فى الجمال والإبداع » .

وبرغم أن داروين كان مقتنعا بأن التطور بين الكائنات الحية لا بد أن

تحكمه قوانين الطبيعة فإنه لم يهتد إلى كنه تلك القوانين . وذلك لأن الجينات لم تكن معروفة لدى العلماء إلى أن ظهرت نتائج تجارب مندل عام ١٩٠٠ أى بعد وفاة داروين بثمان عشرة سنة .


وكان داروين يعلم جيداً مواطن الضعف فى نظرياته . إذ يقول فى كتابه أصل الأنواع : « إن القوانين التى تحكم الوراثة معظمها غير معروف » .

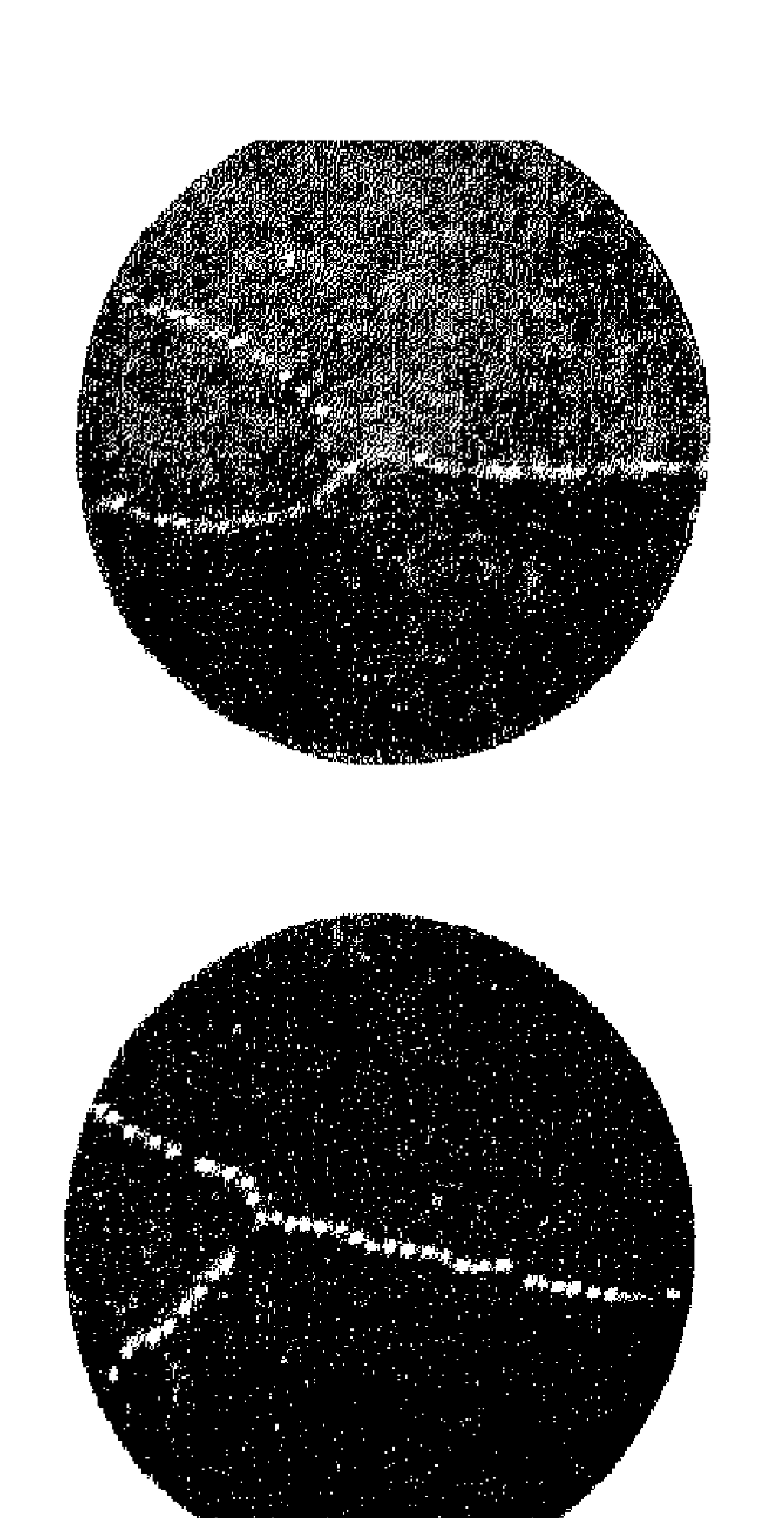
وشقت معرفة علم الوراثة طريقاً طويلا منذ ذلك الحين إلى أن ظهر كعلم قائم بذاته . وبدأ العلماء ، وفى أول القائمة مندل ، فى استقصاء قوانين الوراثة . كما اكتشفوا المادة الكيموية للجينات التى تتبع تلك القوانين ، كما سنذكرها فى الجزء الثانى من الكتاب .

وفى الوقت نفسه فإن ذكرى داروين تنال احتراماً متزايداً على مر السنين ، إذ ثبت أن الجينات هي أداة الانتخاب ، وأنها تحمل تلك الأسس التى تعمل على ظهور التغييرات فى الكائنات الحية . وبذا فإن طريقة تفكير داروين تعتبر ركناً من أركان علم الوراثة الحديثة لا يقل أهمية عن أكبر معمل يمكن الحصول عليه بالمال . وهذا أعظم ما يصبو إليه عالم لتخليد ذكراه .

الجزء الثانى

ثورة فى علم الأحياء





تعريف الدنأ

يبدأ الإنسان حياته كمعظم النباتات والحيوانات من خلية صغيرة جداً لا يكاد يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وهذه الخلية عبارة عن بويضة مخصبة نتيجة اتحاد كروموسومات الحيوان المنوى بالبويضة ، فتتكون نواة واحدة تمر بمرحلة تبلغ تسعة أشهر لتخرج إلى الحياة .

ومن هذه البداية المتواضعة تنقسم البويضة المخصبة انقساماً ذا طابع معقد ، وسرعان ما تكبر فتصبح جنيناً ينمو إلى حميل برحم الأم بضفيرة من الأوعية الدموية ، وهى ما تسمى بالحبل السرى ، وهو طريق توصيل الغذاء من الأم إلى حميلها .

وعندما يخرج الجنين من بطن أمه فإنه يكون قد تضاعف حجمه ملايين المرات بالنسبة إلى حجمه الأصلى . وعندئذ يمكن تسميته طفلا رضيعاً ، كل خلية فى جسمه لها وظيفتها الخاصة .

وتسمى الخلايا التى تمكنه من أن يعيش وينمو بالخلايا الجسمانية . وهى تشمل خلايا الكبد والمعدة والأمعاء التى تساعدنا على الحصول على الطاقة المتولدة من الطعام . كما تشمل خلايا الأذن والعين والجهاز العصبى مما يمكننا من أن نكون على اتصال بما حولنا . ومن الخلايا الجسمانية تلك الخاصة بالدم والدورة الدموية التى تنقل المواد من مكان لآخر. وكذلك خلايا الجلد التى تحمى أجسامنا من الأعداء الخارجيين . وكذا خلايا العظام والعضلات ، وحتى خلايا الغدد التى تنظم الأجهزة الدقيقة لكيمياء الجسم تعتبر خلايا جسمانية ، كذلك خلايا الكلى والأعضاء الأخرى التى تعمل على طرد فضلات الجسم .

وبالإضافة إلى الخلايا الجسمانية يأتى المولود الجديد مجهزاً بالخلايا التى تمكنه من أن يكون أباً أو أماً عندما يتكامل نموه مما يعمل على بقاء الجنس وهى تسمى بالخلايا التناسلية الجرثومية . والخلايا التناسلية الوحيدة فى أجسامنا هى الحيوانات المنوية والبويضات ، وبطبيعة الحال الخلايا التى تنشأ عنها هذه الأمشاج .

ويجرى تكوين الخلايا الجسمانية والتناسلية فى الجنين طبقاً لتوقيت دقيق ، وتنظم الجينات كل عملية بحيث عندما يتم انقسام الخلية الواحدة تتهيأ الأخرى للانقسام ، وباستمرار هذه العملية يصبح تكوين الخلايا أكثر تخصصاً ، وخطوة فخطوة يسير الجنين قدماً متطلعاً إلى اليوم الذى يخرج فيه من بطن أمه طفلا . وعلى مر الأيام يصبح فرداً بالغاً قوياً .

ما الذى يسبب تلك السلسلة من الأحداث ؟ إنها مادة كيموية فى الكروموسومات من نوع الأحماض . ولأن الكروموسومات موجودة بنواة الخلية فإنها تسمى حمض النوويك (أو حمض النيوكليك) واسمها الكامل حمض الديسوكسيريبونيوكليك (Desoxyribonucleic acid) والذى يعـرف بالحروف الأولى د ن أ (D N A) .

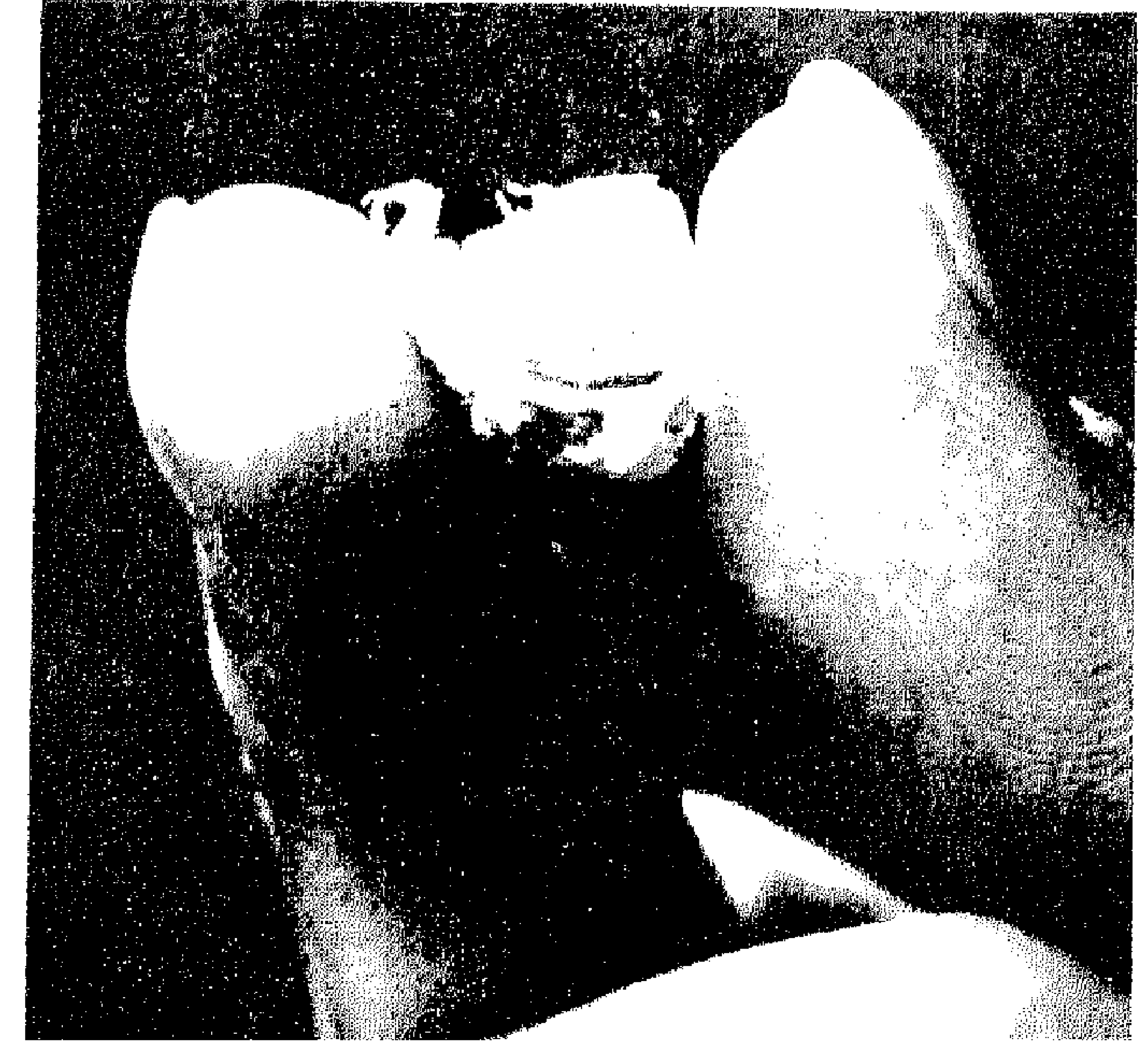
ويعتبر د ن أ العامل الوراثى ؛ فهو يحمل عوامل التوريث من جيل إلى آخر ، ومن خلية إلى أخرى ، وهو بمثابة اللب الذى تصنع منه الجينات .

وبدون د ن أ لا يمكن للحياة أن تبدأ ولا أن تستقر . فهو المادة الكيموية الأولى التى تكون أحياء جديدة وتوجه العمليات الحيوية لكل كائن حى . وفيما خلا كرات الدم الحمراء التى ليست بها أنوية وجد العلماء أن د ن أ موجود بكل أنواع الخلايا .

وقد عرف عن د ن أ أنه عامل التوريث منذ بضع سنوات فقط . وبرغم قصر تلك المدة فقد غيرت تلك المعرفة علم الوراثة . ففيما مضى كان علماء الوراثة يركزون جهودهم فى معرفة كيف تنتقل الصفات من جيل إلى آخر . أما الآن فإن علم الوراثة أصبح مختصاً من أوجه كثيرة بالصحة والمرض .

ويعتبر كثير من العلماء أن مادة د ن أ ستكون بداية عهد جديد فى علم الأحياء ، وأنها ستفسر لغز الحياة وكيف بدأت . وهذه الثورة فى علم الأحياء ربطت هذا العلم بالكيمياء والفيزيقا برباط محكم أكثر من أى وقت آخر

تمكن العلماء من تحويل مادة د ن أ (المأخوذة من الغدة التيموسية للعجول) من سائل إلى جسم صلب .



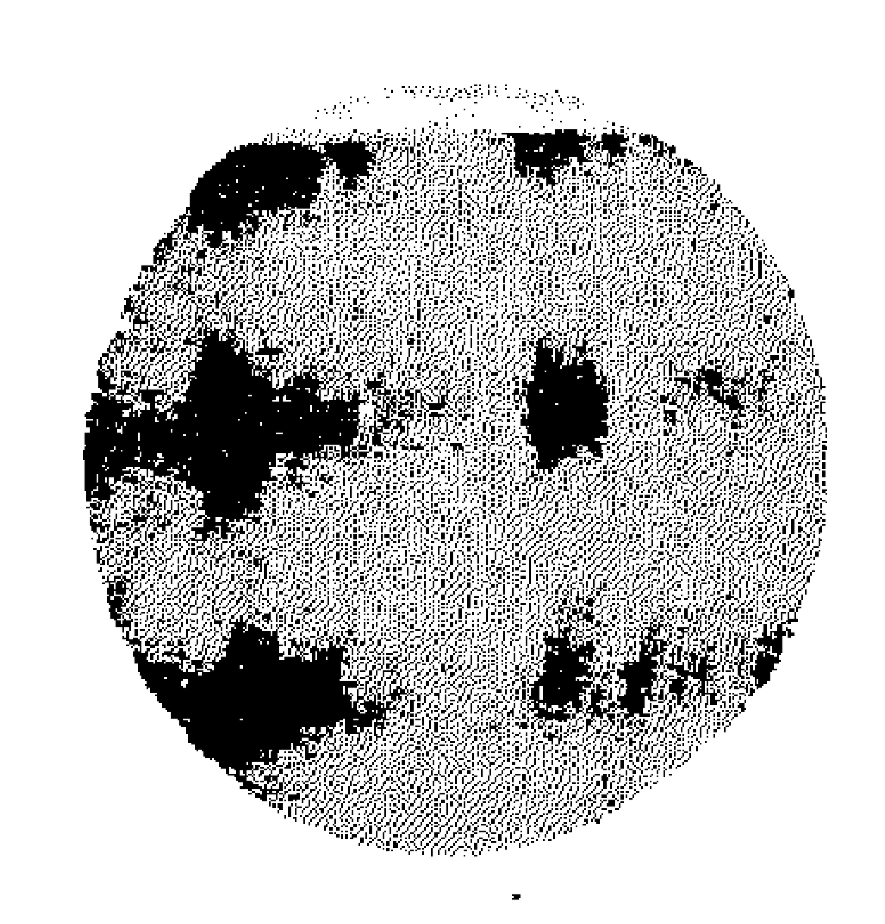
وأخذت تلك الاكتشافات أهمية خاصة وأصبحت مثيرة للاهتمام . . . وكثيراً ما يكتب عنها في الصحف اليومية . وسنعرف المزيد عنها فى بقية هذا الكتاب .

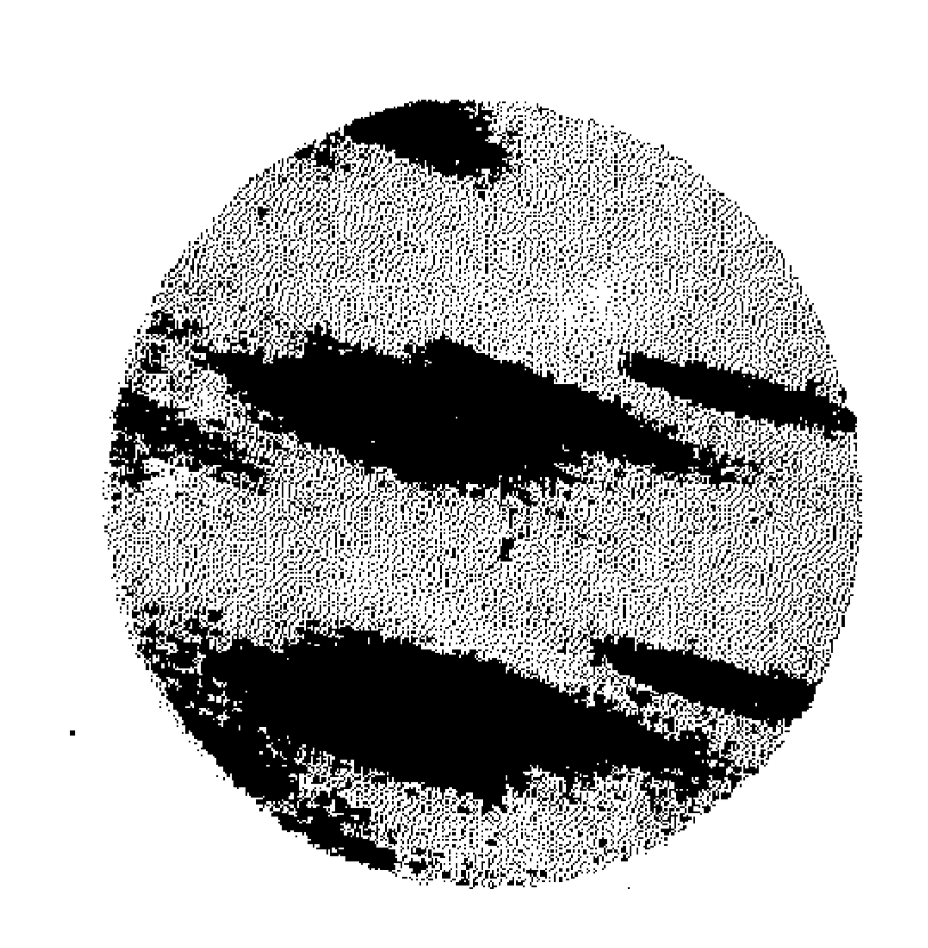
وبرغم أن د ن أ برز للأمام فى السنوات الأخيرة فقط فإنه كان معروفاً فى الواقع منذ عام ١٨٦٨ عن طريق كيموى يدعى فردريك ميشر فى بازل سويسرا .

فقد استخرج ميشر هذه المادة لأول مرة من أنوية خلايا جديدة ، ثم من السائل المنوى لأسماك السالمون التى تسبح فى نهر الراين . وقد أثاره هذا الاكتشاف ثم وجد أن المادة عبارة عن حمض . وربما شك فى أن هذا الحمض له علاقة ما بالوراثة ، ولكن كانت تعوزه المعرفة الكافية التى تمكنه من إثبات ذلك .

وكان عام ١٨٦٨ هذا مبكراً للغاية ، إذ أن العالم عرف مندل عام ١٩٠٠ . وهو نفسه لم يكن يعرف أن التجارب التى أجراها كانت تحكمها الكروموسومات الموجودة فى خلايا النباتات التى أجرى عليها بحوثه . وبرغم أن الكرموسومات والـ د ن أ اكتشفت فى عصره فإنه لم يعرف عنهما شيئاً .

وظل د ن أ لغزاً أكثر من خمسين عاماً . وكان بعض الذين يبحثون عن أسراره ما زالوا أطفالا ، والبعض الآخر لم يولدوا بعد عند ما مات ميشر ومندل .





حل الطلاسم

بالرغم من أن ميشر مات قبل أن ينشر بحوثه العديدة فإن أصدقاءه تمكنوا من جمع مذكراته وبحوثه الأولى وأخرجوها فى كتاب نشر عام ١٨٩٧ ، وكان هذا الكتاب ذا أهمية مباشرة للعلماء المشتغلين بالخلايا .

وبعد ذلك بثلاث سنوات كانت اكتشافات مندل قد أعيد بحثها ودراستها فعكف علماء الكيمياء والأحياء على دراسة تركيب الجينات . واعتقد الكثيرون أنها مكونة من بروتينات . ولكن لفترة طويلة لم يكن يعرف عن علم الوراثة إلا القليل . وكانت البحوث الخاصة بهذا العلم بدائية للغاية . وظل العلماء فى حيرة حتى وجدوا الحل ، وذلك فى عام ١٩٤٦ .

وأجريت التجارب الحاسمة فى معهد روكفلر بنيويورك . واستعمل العلماء بدلا من نبات البازلاء وذباب الفاكهة أحياء أبسط منها . وهى البكتيريا ، تلك الكائنات الدقيقة الوحيدة الخلية التى كان ليفنهوك أول من رآها قبل ذلك بثلاثة قرون .

وبالرغم من أن البكتيريا ذات حجم دقيق جداً فإن علماء معهد روكفلر أمكنهم استخلاص الـ د ن أ من سلالة ونقلها إلى سلالة أخرى . وانتظر العلماء تكاثر تلك البكتيريا . ولم تخب ظنونهم ، فبدلا من أن تتشابه مع الجيل الأصلى الذى نشأت منه تشابهت مع البكتيريا التى استخلصوا منها الـ د ن أ . وبذا ثبت أن مادة د ن أ هى التى تتحكم فى الوراثة وليست البروتينات .

ورغم هذا الاكتشاف المثير فإن المشكلة الرئيسية بقيت دون حل . فقد تأكد العلماء أن الـ د ن أ هو الذى يوجه الوراثة ، ولكنهم لم يعرفوا كيفية ذلك . وعكفت معامل كثيرة على دراسة تلك المشكلة ، وبعد ست سنوات لاح بصيص من الأمل .

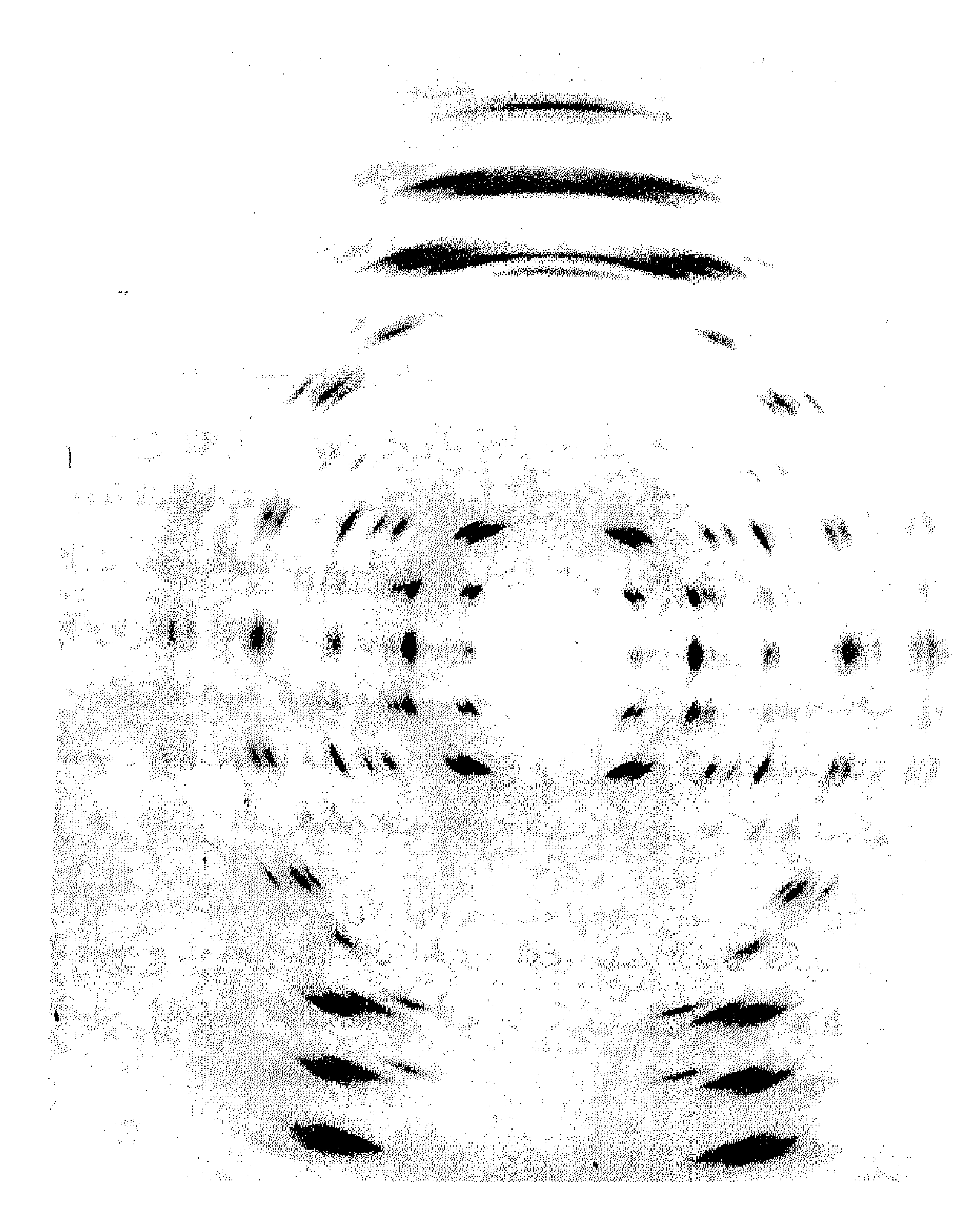
وتنحصر المشكلة فى كيفية تكوين الـ د ن أ ، إذ أن كل مادة تتكون من مجموعة من الذرات مرتبة ترتيباً خاصاً يسمى الجزىء الذى قد يتكون من مجموعة من تحت جزيئات — صغيرة ، وهكذا . ولكى نفهم كيف يتحكم الـ د ن أ فى الوراثة لا بد أن نعرف ما شكل الجزىء الخاص به ووضع كل ذرة فيه .

غير أن معرفة الجزىء ليست أمراً هيناً . والجزىء من الـ د ن أ أثقل من جزىء الأيدروجين — أخف العناصر وزناً — بمقدار ٧ ملايين ضعف . ورغم ذلك فإنه دقيق للغاية ، حتى إن الميكروسكوب الإلكترونى الذى يجعل رأس الدبوس يبدو فى ضخامة إستاد كبير لا يمكن رؤية تكوين جزىء الـ د ن أ فيه بوضوح .

ولذلك لم يتمكن العلماء من الاعتماد على الميكروسكوب ، فتحايلوا كى يظهر جزىء الـ د ن أ بطريقة أخرى . وعاملوا الجزىء السائل حتى أصبح صلباً وعرضوه لشحنه من أشعة إكس بحيث يمكنهم التقاط فيلم للظل بطريقة انعطاف أشعة إكس . وكان أول من استعمل تلك الطريقة بنجاح على جزىء الـ د ن أ هو موريس هـ . ف . ولكنز بجامعة كنجز بلندن عام ١٩٥٢ . وبعد عشر سنوات نال جائزة نوبل عما قام به من أعمال .

وأساس طريقة انعطاف أشعة إكس هو أن ذرات جزىء ال د ن أ، ككل الذرات، محاطة بشحن كهربية تعرف بالإلكترونات . وعندما تصطدم أشعة إكس بذرة أو مجموعة ذرات فى مادة صلبة فإنها تتفرق بالإلكترونات، والمسافة التى تتفرق فيها أشعة إكس تتوقف على عدد الإلكترونات التى صدمتها .

نموذج لمادة د ن أ بطريقة انعطاف أشعة إكس تصوير الدكتور ولكنز ومساعديه .



ولكل نوع من الذرات عدد مختلف من الإلكترونات . ويمكن للعلماء معرفة كيفية ترتيب الذرات فى الجزىء ، وذلك بفحص صور الظلال التى أسقطتها أشعة إكس .

وبطبيعة الحال فإن طريقة انعطاف أشعة إكس تبين بعدين فقط من أبعاد الجزىء الثلاثة . وعلى كل فذلك أفضل بكثير من عدم وجود صور ما .

وكان كثير من العلماء يعتقد أن جزىء ا د ن أ يبدو على شكل سلسلة طويلة . غير أن أحد الحائزين على جائزة نوبل السابقين — وهو كيموى من كاليفورنيا يدعى لينوس بولنج — افترض أنها تشبه الزنبرك الملفوف . وأيدت مشاهدات ولكنز صحة رأى بولنج . غير أن هذا السؤال المحير ما زال قائماً ، وهو : كيف سيتحكم « الزنبرك » فى الوراثة ؟ .

وفى شتاء عام ١٩٥٣ وضع عالم إنجليزى وزميل له أمريكى نظرية تعتبر أفضل النظريات التى وضعت وأقربها للمنطق. واسم هذا العالم الإنجليزى فرانسيس كومبتون كريك ، وكان إذ ذاك فى السادسة والثلاثين ، أما الأمريكى فيبلغ الرابعة والعشرين واسمه جيمس ديوى واتسون . وقد عمل كريك وواتسون معاً فى جامعة كامبردج بإنجلترا . وكانا يجريان تجاربهما فى هدوء بكوخ ما زال يبدو وكأنه مظلة للدراجات وليس معملاً مزوداً بأرقى الأجهزة .

وقد كانت نظريتهما ذات قيمة علمية كبيرة حتى إنهما شاطرا ولكنز فى الفوز بجائزة نوبل عام ١٩٦٢ .

وكان من بين ما درسه كريك وواتسون صور أشعة إكس ذات الانعطاف أو تكسر الضوء . واستنتجا مما شاهداه أن جزىء د ن أ يشبه الزنبرك وقاما بنشر بحث مفصل عن الشكل الذى يبدو عليه جزىء ا د ن أ وشرح كيفية تحكم ا د ن أ فى الوراثة .

وطبقاً للنموذج الخاص بهما فإن الجزىء الذى يشبه الزنبرك مكون من سلسلتين ملفوفتين إحداهما حول الأخرى أشبه ما يكون بسلم دائرى يحيط به



فى الصورة اليمنى فرانسيس كريك يراقص ابنته فى حفل تكريمه بمناسبة منحه جائزة نوبل فى عام ١٩٦٢ — وفى الصورة اليسرى جيمس د . واتسن فى معمله .

من جانبيه حاجز « درابزين » . وهذا الحاجز مصنوع من مادتين كيمويتين بالتبادل ، وهما : السكر ، والفوسفات .

وبين جوانب الحاجز «الدرابزين» تقوم درجات السلم ، وكل درجة مصنوعة من كتلتين أو قاعدتين متجاورتين .

وهناك أربع قواعد كل منها ذات تركيب كيموى مختلف ، ولكن تحتوى كلها على نتروجين ، واسمها حسب حروفها الأولى قواعد أ ــ ث ــ ج ــ س (A T G C) .

وتصنع هذه القواعد الأربع نوعين فقط من الدرجات ، وذلك لأن قاعدة أ لا تتلاءم إلا مع قاعدة ت ــ كما أن قاعدة ج لا تتحد إلا بقاعدة س .


ولكي يسهل فهم ذلك ، نرمز لكل نوع من القواعد بإحدى مجموعات ورق اللعب الأربع (الكوتشينة) . ولتكن قاعدة أ « السباتي » وقاعدة ت « القلب » وقاعدة ج « البستوني » وقاعدة س « الديناري » .

وحسب نظرية نموذج واتسون كريك فإن كل درجة من جزيء د ن أ يجب أن تكون مكونة من اتحاد قاعدتي سباتي وقلب ا ــ ت أو ت أ (A-T or T-A) أو اتحاد قاعدتي بستوني وديناري ج ــ سي أو سي ــ ج (G-C or C-G) .

وفي كل درجة تتصل القاعدتان برباط ضعيف يسمى وثاق الأيدروجين .

ولا توجد قواعد لعدد الدرجات المصنوعة من السباتي والقلب ، أو من الديناري والبستوني . كما يمكن للنوعين من الدرجات أن يختلفا في أي نظام . فعينة من د ن أ قد تكون معظمها من درجات أ ــ ت (A-T) وأخرى قد يكون لها درجات أكثر من ج ــ سي (G-C) وثالثة قد تكون أنواع درجاتها متساوية .

وحسب نظرية واتسون ــ كريك فإن د ن أ الخاص بكل كائن له تسلسله الخاص من الدرجات ، وهذا يحدد ما إذا كانت البويضة المخصبة سيتكون منها فأر أم تمساح أم إنسان .



في هذا النموذج من د ن أ تمثل القواعد الأربع بالديناري والسباتي والقلب والبستوني .

كما يعتقد أن الاختلافات الدقيقة الأخرى فى ترتيب القواعد هى التى تحدد اختلافات الأفراد كلون الشعر مثلا فى الإنسان وهل سيكون أسود أو أحمر أو أشقر .

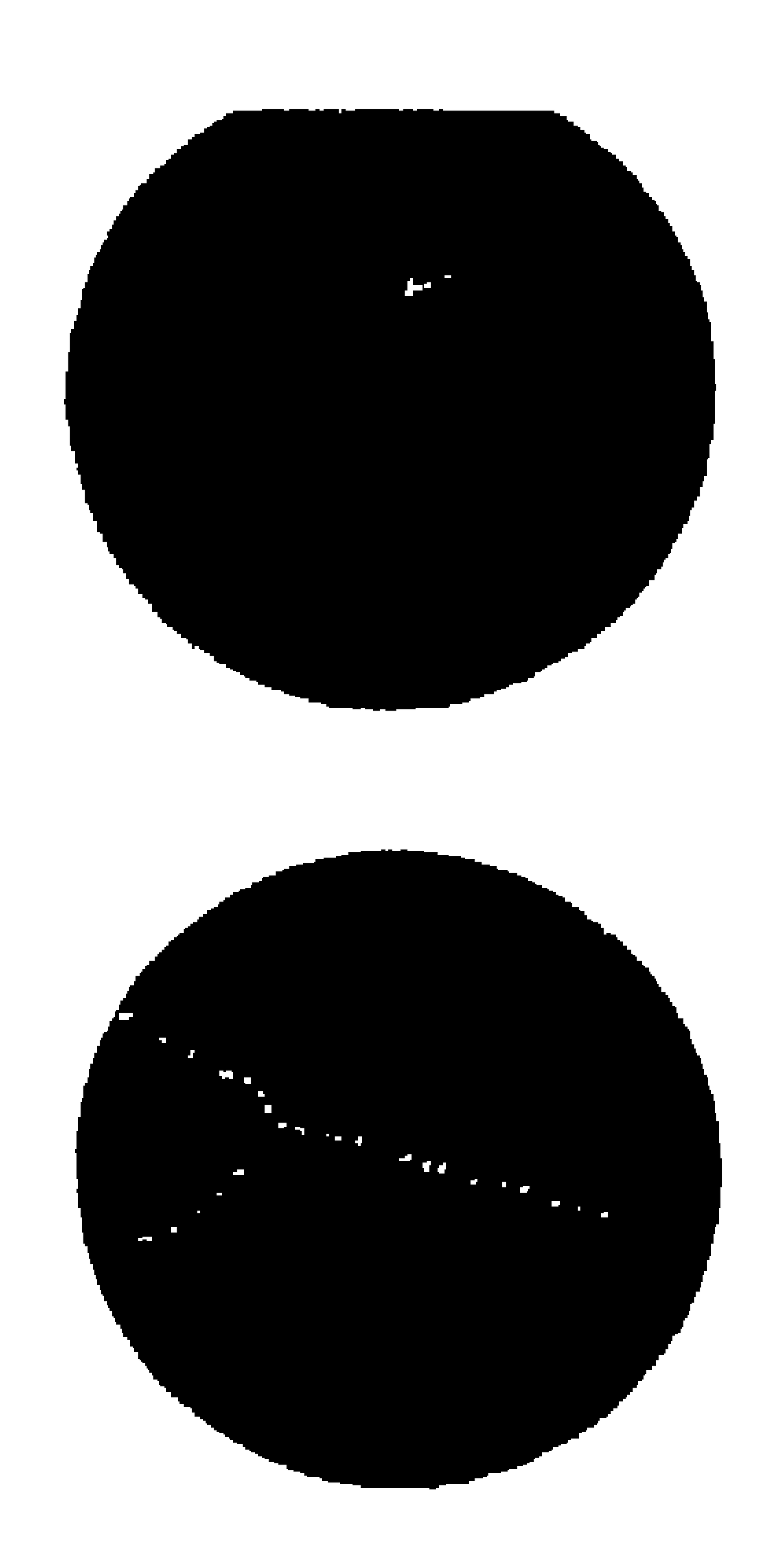
وبلغ من قوة هذه النظرية أنه إذا فحص أحد العلماء عينة من د ن أ فإنه غالباً ما يمكنه أن يحدد الكائن الذى أتت منه ، وذلك بقياس أنواع القواعد الأربع فى تلك العينة ، وربما يأتى اليوم الذى قد يتمكن فيه من معرفة لون عين الإنسان أو الحيوان .

ولكن هل من المعقول أن أربعة أنواع فقط من القواعد تكون هى المسئولة عن هذا الاختلاف الكبير بين الكائنات الحية ؟ ولكن لنفكر فى الحروف الأبجدية . إنها ٢٨ حرفاً فقط . ومع ذلك فإنها تشكل عدداً لا يحصى من الكلمات التى بدورها يمكن أن تشكل عدداً لا يحصى من الرسائل .

كذلك الحال مع د ن أ ، فهو نوع من الرموز المكتوبة على شريط الآلة الحاسبة والجزء المكون من السكر والفوسفات فى الرموز فى الحاجز « الدرابزين » هو نفس الشيء فى كل الكائنات .

وتوليفات أ ـ ت و ت ـ أ (A-T) و (T-A) وكذا ج ـ س ـ و س ـ ج (G-C) و (C-G) هى التى تسبب اختلاف الكائنات الحية ، إذ تحتوى هذه القواعد على ما يميز الإنسان عن القط ، وما يميز القط عن النمر ، والأزهار الحمر عن الأزهار البيض . كما أنها تحمل التعليمات الخاصة بالصفات المشتركة بين الكائنات الحية .

ويقدر العلماء أننا لو أمكننا ترجمة التعليمات التى ترسلها مادة د ن أ فى خلية بشرية واحدة إلى اللغة الإنجليزية فإنها ستملأ ألف مجلد من دائرة المعارف .



التصميم الوراثى

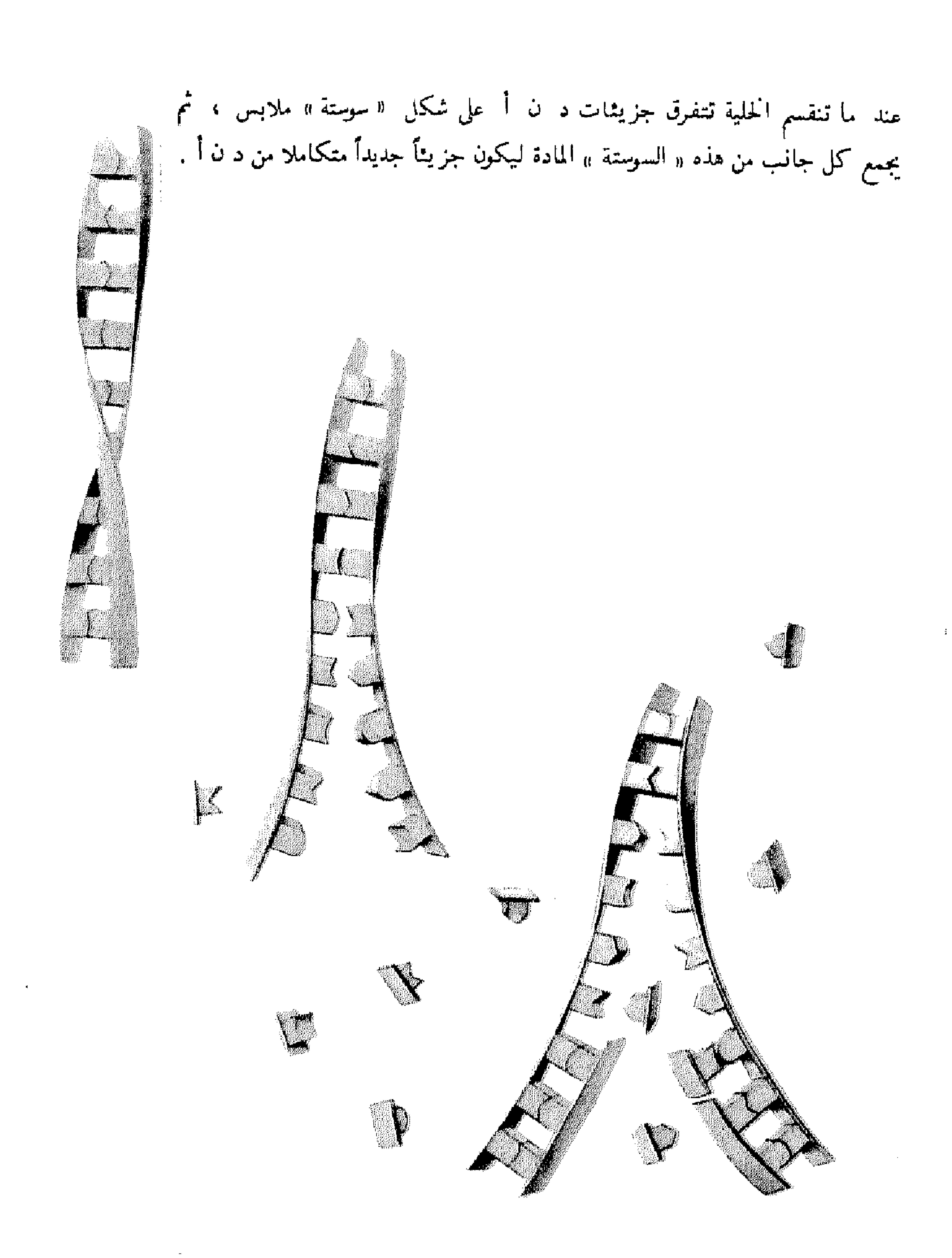
مما سبق يتضح أن د ن أ يعتبر حاملاممتازاً لمعلومات مقننة، كما أنه عامل نموذجى لنقل التصميم الوراثى من خلية لأخرى، وذلك لمقدرته على نسخ نفسه .

وعندما لا تكون هناك حاجة إلى خلايا جديدة فإن د ن أ يلتف بشدة فى الكروموسومات القصيرة الممتلئة عندما لا يكون هناك انقسام . ولكن فى حالة الانقسام فإن الكروموسومات فى الأنوية تتحول إلى خيوط طويلة ورفيعة وكذلك د ن أ فى الداخل .

وباستمرار الانقسام المعتاد للخلايا فإن الرباط الأيدروجينى الضعيف الموجود فى د ن أ يبدأ فى التوقف فتنفصل درجات أ ـ ت و ت ـ أو ـ ج ـ س و س ـ ج وينفرد « درابزين » السكر والفوسفات ويتفتح كما تتفتح جانبا « سوستة » الملابس .

ويأخذ كل جانب من هذه « السوستة » القواعد الأزوتية على جانب الجزىء. ولا يكاد يكون فارغاً حتى يجذب إليه مادة جديدة يكون بها جزيئاً كاملا من د ن أ كالجزىء الأصلى تماماً، ويذهب كل واحد من الجزيئين الجديدين إلى كل من الخليتين الجديدتين .

عند ما تنقسم الخلية تتفرق جزيئات د ن أ على شكل « سوستة » ملابس ، ثم يجمع كل جانب من هذه « السوستة » المادة ليكون جزيئاً جديداً متكاملا من د ن أ .

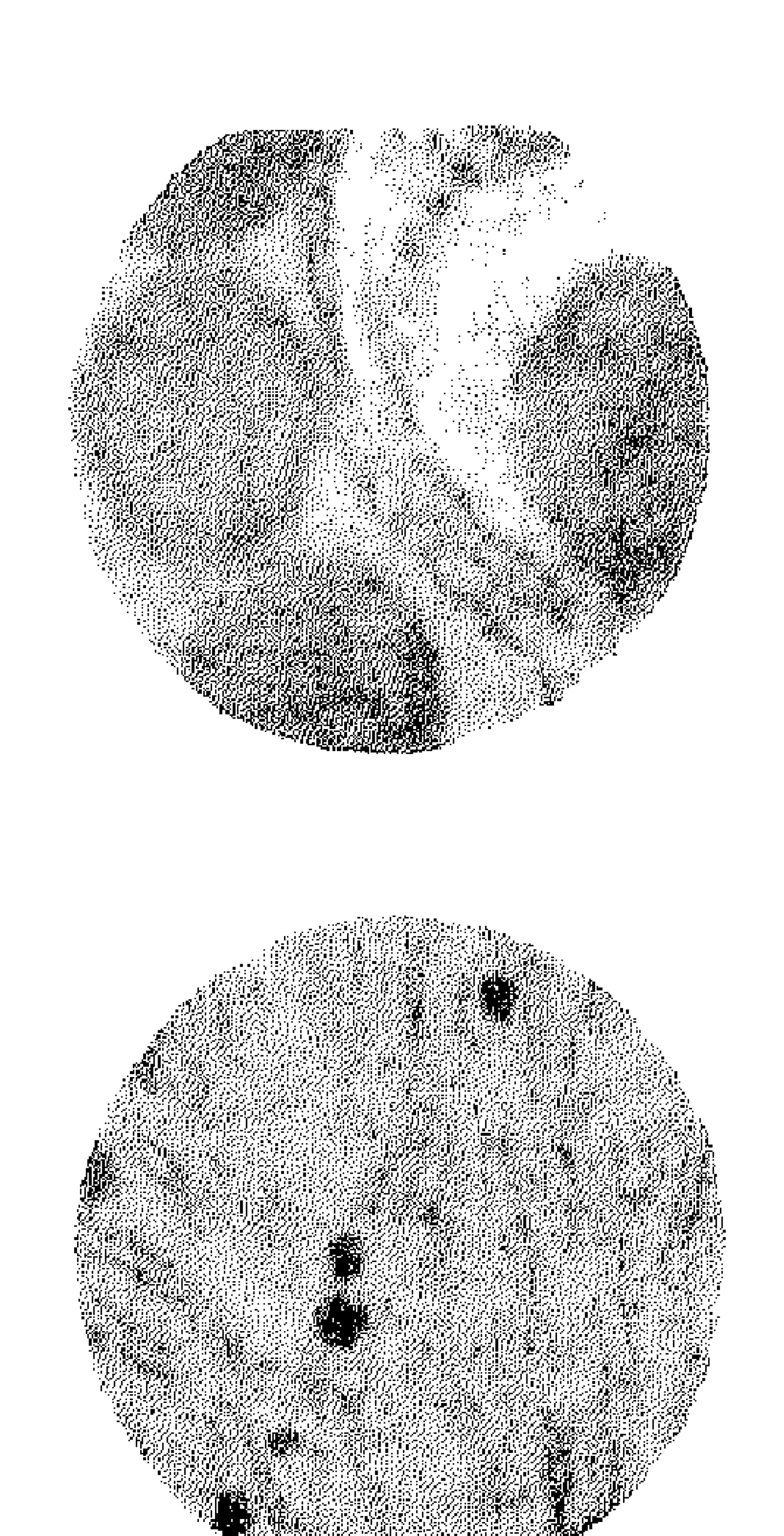


ويبدأ د ن أ الخاص بالبويضة المخصبة سلسلة من الأحداث تنتهى بتكوين ملايين الخلايا .

ولدى العلماء أدلة كافية بأن د ن أ هو المادة المكونة للجينات . كما يعرفون أن كل نواة فى خلايا الكائنات بها نفس كمية د ن أ (فيما عدا الخلايا التناسلية لأنها تحمل نصف عدد كروموسومات الخلايا الأخرى وبذا فإنها تحتوى على نصف كمية د ن أ) ، وهنا يبرز سؤال هام : إذا كانت كل خلية تحمل د ن أ بنفس التوجيهات فكيف تتخصص خلية فى هضم الطعام، وأخرى فى التخلص من الفضلات ، وثالثة تساعدنا على الإبصار ؟

إن هذا السؤال ظل حتى الآن بلا جواب . والعلماء المشتغلون بهذه المشكلة يعتقدون أن الجينات وحدها ليست المسئولة عن هذا التخصص . وهم يرجحون أن ذلك يشمل التعاون بين جينات نواة الخلية وأجزاء الخلية الأخرى و بيئة الجنين. غير أن هذا التعاون يفتقر إلى إثبات .

وفى الوقت نفسه سنرى فى الفصل التالى أن العلماء لا يدرسون فقط كيف يتحكم د ن أ فى الوراثة ، بل فى كيفية توجيه د ن أ للعملية الكيموية اليومية التى تجرى فى أجسامنا ، إذ أنه بفعل الكيمويات تترجم توجيهات الجينات إلى أنسجة الكائنات الحية .



مصانع داخل الخلية

يخرج المولود من بطن أمه وبه ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ خلية . وبرغم أن المولود يعتمد على حماية والديه كى يعيش ، فإنه من أوجه مختلفة له طرقه الخاصة فى الاعتماد على نفسه . فلا يلزم للمولود أن يظل ملتصقاً بجسم أمه ليأخذ حاجته من الغذاء وليتخلص من الفضلات . فبمجرد أن يتنفس فإن جسمه يقوم بعمل تلك الأشياء ، بل أكثر منها .

وترجع مقدرة أجسامنا على أن تعمل مستقلة إلى عمليات كيموية تجرى فى خلايانا ، ومجموع هذه العمليات تسمى بالأيض أو التحول الغذائى وتهيمن عليه جزيئات خاصة من البروتين .

ويوجد البروتين فى كل الكائنات الحية . وهو عبارة عن جزيئات طويلة التسلسل موجودة بكل خلية داخل النواة وخارجها .

ورباط سلسلة جزىء البروتين هو الأحماض الأمينية . ويوجد منها

عشرون نوعاً ، وكلها تحتوى على ذرات الكربون والأيدروجين والنتروجين والأكسجين . وبعض الأحماض الأمينية فى كل البروتينات تحتوى على فسفور أو كبريت أو على كليهما . والباقى من وزن أجسامنا بعد استبعاد الماء هو ٣٠٪ ، ونصف هذه الكمية بروتين .

وللبروتين وظائف كثيرة حتى إننا لا يمكننا أن نعيش بدونه . وهو مادة أساسية لحركة العضلات وقوة العظام . والبروتين يمكن الدم من حمل الأوكسيجين وعدسات العين من المساعدة فى الإبصار . وحتى لون الشعر والجلد والأعين فإن ما يعمل على حفظهما هو مادة ملونة مكونة من جزيئات بروتينية .

والإنزيمات التى تحول غذاءنا إلى مواد بسيطة تحترق كوقود مكونة من البروتينات . وللإنزيمات مقدرة خاصة على الإسراع فى التغيرات الكيموية فى المواد الأخرى دون أن تتأثر هى بذلك .

وتقوم البروتينات بحوالى ألف وظيفة فى الجسم . كما يوجد ما لا يقل عن ألف نوع من أنواع البروتينات المختلفة التى تقوم بهذه الوظائف . وكل منها له ترتيب خاص فى الأحماض الأمينية بالجزىء .

ويعتبر كل نوع من البروتينات نتاج جيناتنا ، كما هو الشأن فى شكل أيدينا أو عدد أصابعنا . وأصبح العلماء لا يفرقون بين دراسة الوراثة ودراسة البروتينات ، إذ لم تعد علوماً منفصلة . وأمكنهم الوصول إلى أن مادة د ن أ توجه بناء البروتينات ، تماماً كما توجه تضاعف عدد الكروموسومات عند انقسام الخلية إلى اثنتين .

وذلك لأن مادة د ن أ يمكنها تكوين نوعين من الجزيئات ، الأول وهو الذى تناولنا شرحه الآن ، وهو صورة طبق الأصل من نفسه . أما الآخر فهو جزىء هام يعتبر كعامل لمادة د ن أ فى صنع البروتينات . ولكونه يصنع فى النواة فإنه هو أيضاً حمض نيوكلييك ويعرف برمز ر ن أ R N A اختصار

حمض الريبو نيوكلييك (Ribonucleic Acid) وقد وجد فى النبات أولا ثم فى كل الكائنات الحية .

ويشبه ر ن أ إلى حد كبير د ن أ ، ولكن له حاجزاً « درابزين » واحداً من السكر والفوسفات بدلا من اثنين . وثلاث من قواعده أ ، ج ، س (A G, C) هى نفس قواعد د ن أ غير أن هناك مادة كيموية تعرف بحرف ى (U) تحل محل ت (T) . وهى مركب أزوتى كالقواعد الأخرى .

وهناك أدلة على أن د ن أ فى النواة يصنع نوعين من ر ن أ ، ويعطى كلاً منهما توجيهات خاصة . ويترك أحد هذين النوعين من ر ن أ النواة ويحمل توجيهاته إلى مادة بنائية فى الخلية تسمى ريبوسوم حيث تكون المواد الخام فى الانتظار .

وتكون قاعدة ر ن أ مرتبة على شكل من الأشكال التى تبلغ ألفا ، كل منها رمز لنوع من ألف نوع من البروتين الذى يستعمله الجسم فى القيام بوظيفته . وهذا النوع من رن أ يعرف باسم ر ن أ المبلغ (Templater RNA) .

أما المواد الخام المنتظرة فى الريبوسوم فهى الأحماض الأمينية — الأجزاء المهضومة من بروتين الطعام — وتكون قد انتقلت من أجزاء الخلية الأخرى بواسطة النوع الثانى من ر ن أ ، ولذلك سمى بال ر ن أ الناقل(Transfer RNA) وقاعدة ر ن أ الناقل تتشكل فى عشرين صورة مختلفة لتنقل عشرين نوعاً من الأحماض الأمينية .

والمعتقد أن كل جزىء من ر ن أ الناقل يلتقط نوعه الخاص من الأحماض الأمينية بأحد أطرافه . وعند ما يأخذ حمله إلى الريبوسوم فإنه يلصق الحمض الأمينى إلى مكانه المناسب على جزىء رن أ المبلغ .

وعندما تستقر الأحماض فى أماكنها تتجمع وتكون سلسلة ، وتقفل المادة الكيموية المعروفة بالببتيدات الوصلات . وحينئذ تطرد السلسلة مادة الريبوسوم

وتصبح بروتينا متكاملا مستعدًا لمساعدة الجسم فى القيام بإحدى الوظائف الألف التى تقوم بها البروتينات .

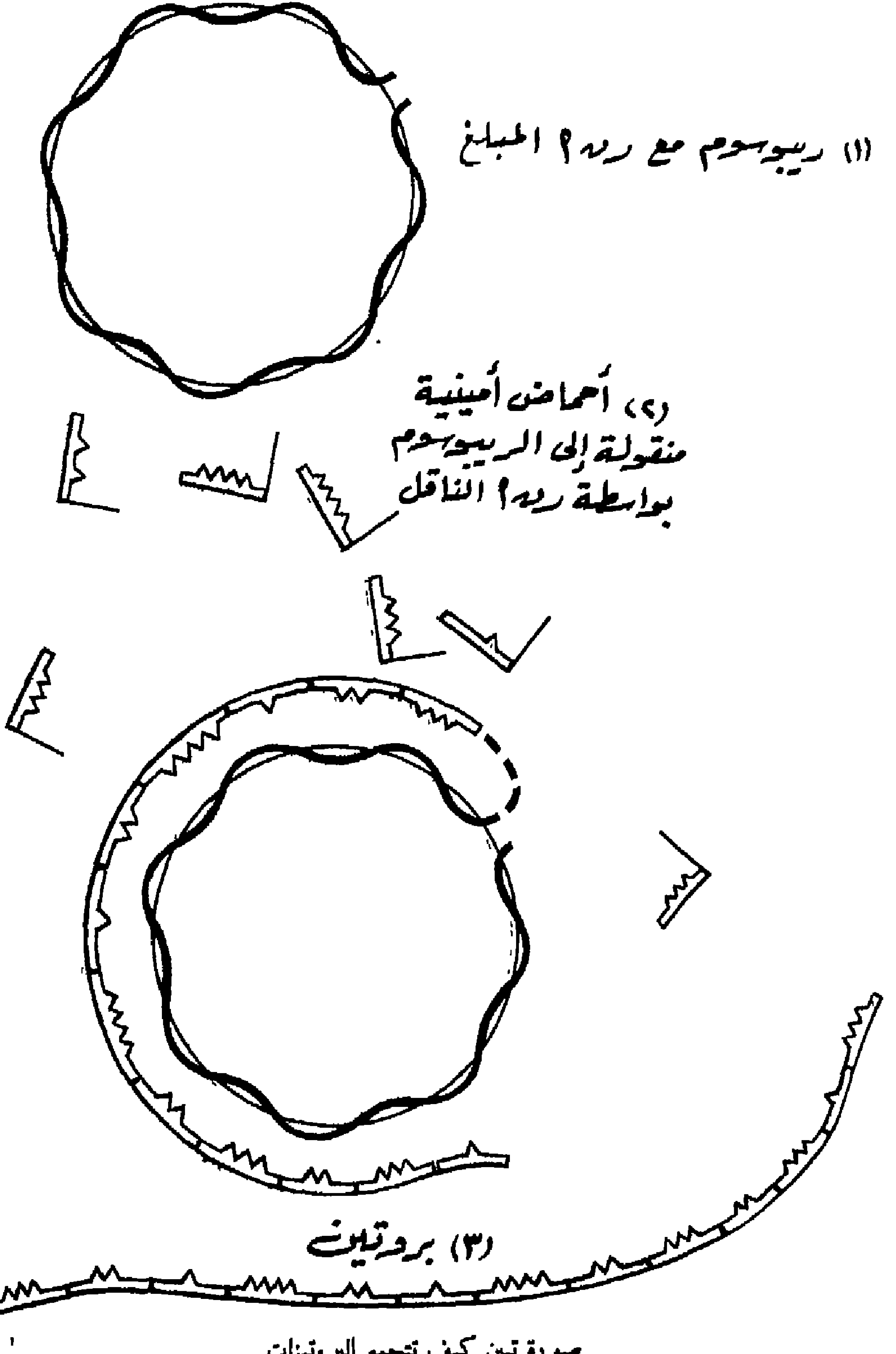
ولكن كيف يعرف ر ن أ الناقل أين يضع الأحماض الأمينية على الجزيء الطويل ل ر ن أ المبلغ ؟ الجواب على الأرجح عند قواعد فرعى ر ن أ . ويعتقد العلماء أن ثلاث قواعد مجتمعة تعتبر رمزاً لكل نوع من الأحماض الأمينية ؛ فمثلا (UUA) هى رمز حمض أمينى موجود ببروتين اللبن ؛ وعندما يكون لجزيء من ر ن أ الناقل قاعدة (UUA) متسلسلة فإنه يلتقط هذا الحمض الأمينى وينقله إلى الريبوسوم ويلتصق بجزيء ر ن أ المبلغ الذى يحمل أيضاً قاعدة (UUA) .

إن فك طلاسم الأحماض الأمينية العشرين يعتبر من أجلّ الأعمال وأكثرها إثارة فى العلم الحديث ، إذ يبدو أن كل الكائنات الحية تستعمل نفس الجزيئات الكيموية فى نقل العوامل الوراثية وبناء البروتينات .

على أن الصلة بين أحماض النيوكلييك والبروتينات ليست معروفة تماماً . وما زال العلماء فى حاجة إلى الاستزادة من العلم حول دور الأحماض الأمينية فى البروتينات قبل أن يتمكنوا من القول بأنهم توصلوا إلى الحل .

وقد قام كيموى إنجليزى يدعى فردريك سانجر عام ١٩٥٤ بخطوة هامة فى هذا الشأن ، وكان أول عالم يضع رسماً إيضاحياً لسلسلة أحد البروتينات . وهذا البروتين هو هورمون الإنسولين الذى يفرزه البنكرياس وهى غدة قريبة من الكبد (الهورمون مادة كيموية تفرز فى مكان ما بالجسم وتؤدى وظيفتها فى مكان آخر) . ووظيفة الإنسولين هى مساعدة الجسم فى الاستفادة من المواد السكرية . ولذا فإن الأشخاص الذين تفتقر أجسامهم إلى هذا الهورمون يصابون بداء السكر .

وتبلغ ذرات الإنسولين فى الجزيئات البروتينية ٧٧٧ ذرة . وقد استغرقت بحوث سانجر ومعاونيه سبع سنوات من العمل المضنى ليحيطوا بمعرفة الإنسولين ومكان كل حمض أمينى فى عينة البروتين . وثبت أن هذا الهورمون هو جزيء من ٥١ حمضاً أمينيًّا فى سلسلتين مترابطتين . وكان عمل تسلسل هذه الأحماض



صورة تبين كيف تتجمع البروتينات

(١) ر ن أ المبلغ يحمل التعليمات إلى الريبوسوم

(٢) يلتقط كل نوع من ر ن أ الناقل نوعاً واحداً من الأحماض الأمينية . وينقلها إلى مكان خاص في الريبوسوم حيث يلتئم الحمض الأميني مع ر ن أ المبلغ .

(٣) وعندما تستقر كل الأحماض الأمينية في أماكنها يصبح البروتين متكاملا ويطرد الريبوسوم (هذه صورة مبسطة لعملية معقدة غير معروفة تماماً بعد) .

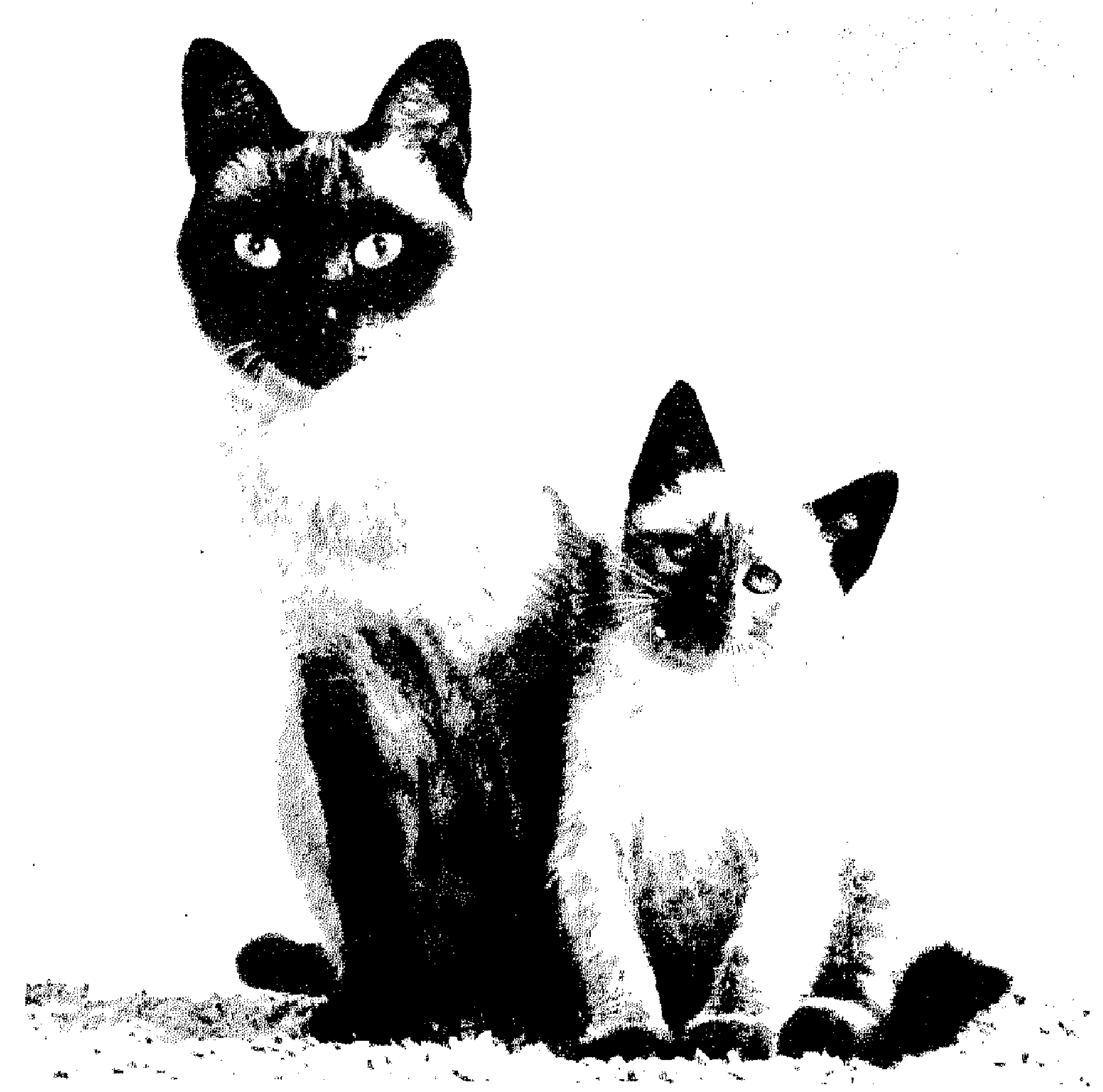


من بين العلماء الذين قاموا بفك الرموز الوراثية الدكتور ج . هنريش ماثي الذى يرى إلى اليسار ، والدكتور مارشال نيرنبرج بالمعهد القومى للصحة العامة .

الأمينية من أعظم الاكتشافات العلمية ، وأحرز بها سانجر جائزة نوبل . ويعتبر عمل رسوم إيضاحية للبروتينات الأكبر حجماً تحدياً أكبر .

وهناك ما يزيد فى تعقيد فهم البروتينات ، إذ أن بعضاً منها يسلك سلوكاً مختلفاً تحت تأثير الظروف المتباينة .

وخير مثال لذلك القط السيامى ، فهو يولد أبيض اللون ، غير أن الإنزيم المختص بصنع المادة الملونة ، والتى تلوّن الفرو ، له حساسية شديدة للحرارة . فبمجرد خروج القط من بطن أمه ودفئها تصبح منطقة الوجه والأرجل والمخالب والذيل أبرد قليلا من باقى الجسم . وهنا يستجيب الإنزيم فيصنع مادة ملونة قاتمة فى هذه المناطق . وهذا هو سر اللون الداكن الذى يبدأ فى الظهور على القطيطات بعد أسبوع أو أسبوعين من ولادتها .



كلما تقدمت القطط السيامية فى السن زاد لون مخالبها وذيلها و وجهها اسمراراً بسبب حساسية الانزيم المختص — بصنع المادة الملونة للفرو — للحرارة .

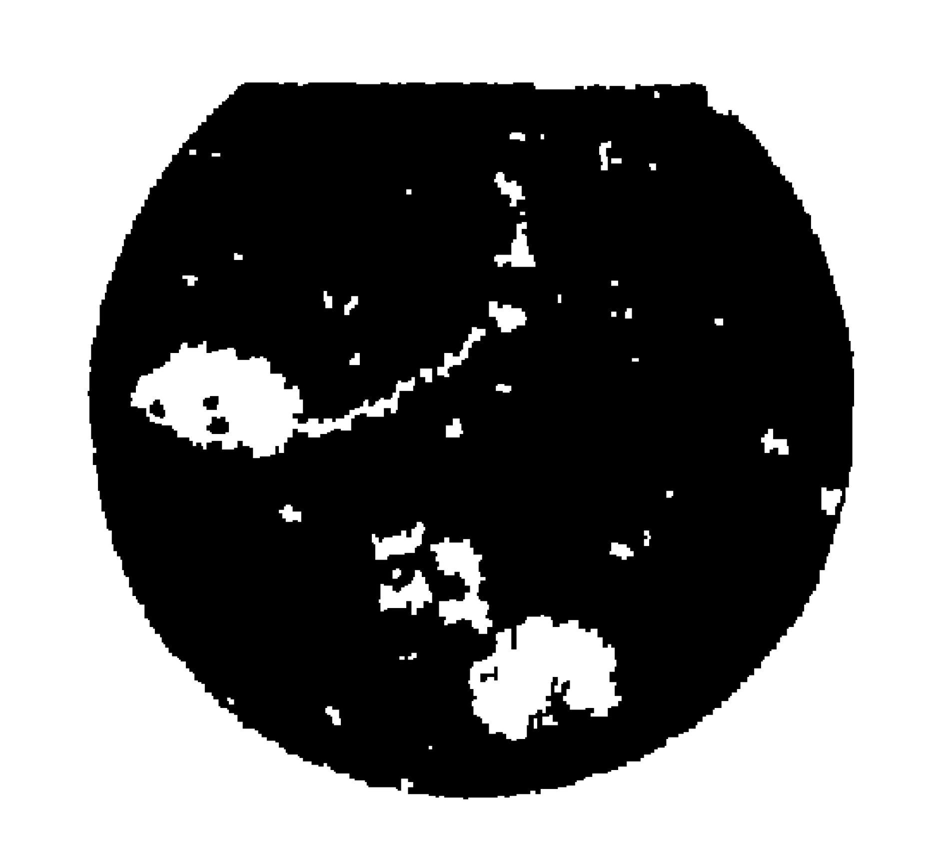
أما الأجزاء ذات اللون الفاتح فى هذه القطط فإنها سرعان ما تتحول إلى اللون الداكن إذا تعرضت لبرودة الجو فترة طويلة . وإذا تصادف وضع إحدى أرجل القط المكسورة فى جبيرة فإنها تأخذ لوناً فاتحاً بصفة مؤقتة حتى تزال الجبيرة .

فى هذه الحالة زودت الوراثة هذه القطط ببروتين يتجاوب بطريقتين .

وفى الواقع لم يتغير البروتين أو أحماض النيوكلييك التى تحكمه ، والذى تغير هو درجة الحرارة فى خلايا الفرو .

وهكذا الحال فى الصفات العديدة التى يلعب فيها البروتين دوراً . فالتعرض الشديد لأشعة الشمس يغير لون الجلد . كما أن التغذية الضعيفة قد تؤثر فى طول الفرو .

وتعتبر مثل هذه الصفات مكتسبة من البيئة . وما لم تكن هناك طفرة فإن الجينات وأحماض النيوكلييك الخاصة بها تظل ثابتة .





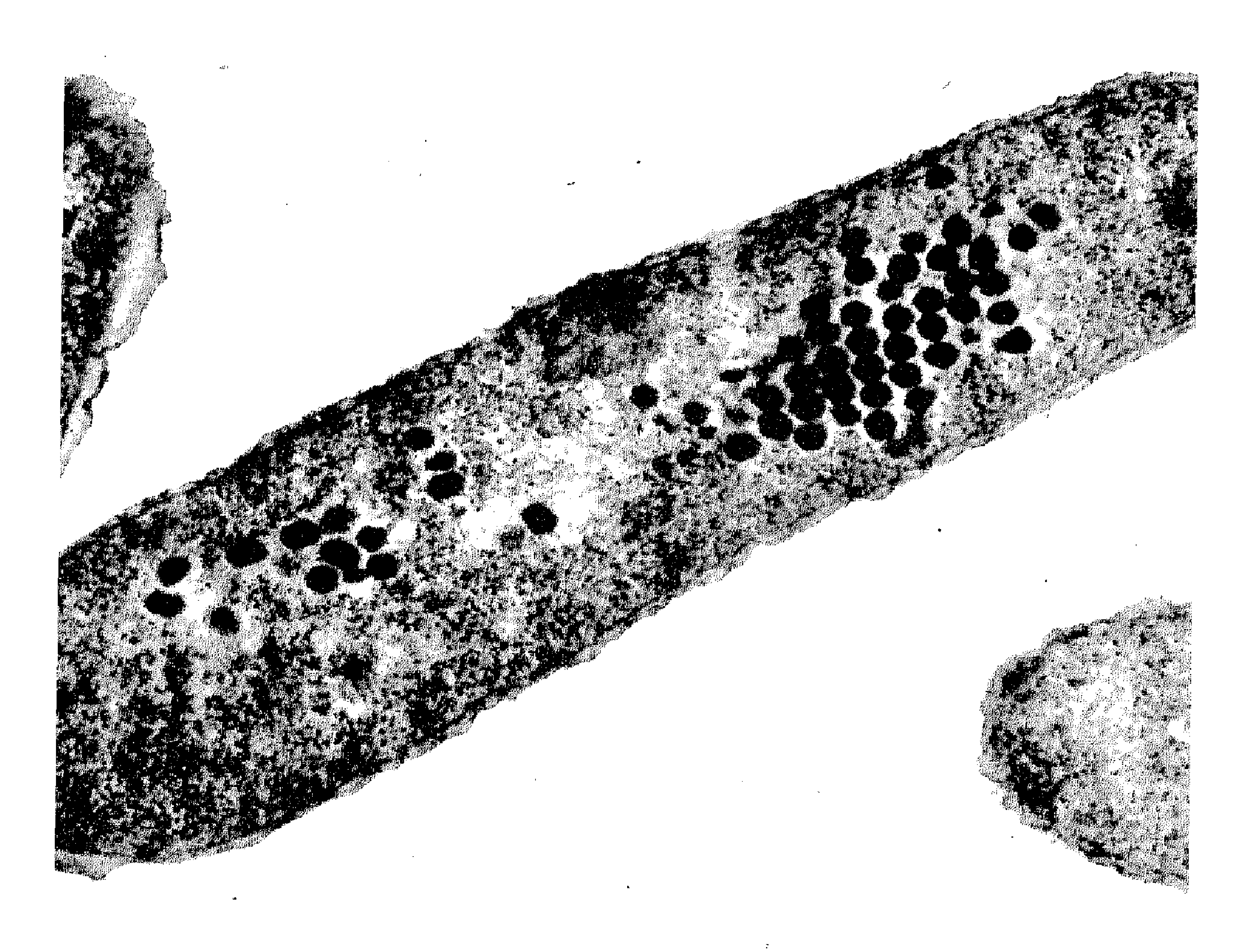
الڤيروسات والوراثة

أثارت الكائنات — التي يعدها العلماء لا هي بالحية ولا هي بالميتة وإنما بين بين — أسئلة محيرة للغاية فى عالم الوراثة .

وهذه الكائنات هي الڤيروسات التي لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب الإلكتروني لصغرها المتناهي . وباستعمال الإلكترونات بدلا من الموجات الخفيفة أمكن تكبير الأشياء بهذا الميكروسكوب إلى ۳۰۰,۰۰۰ مرة .

وتسبب الڤيروسات أمراضاً كثيرة فى الإنسان والحيوان والنبات ، بل حتى فى البكتيريا . فلا غرو أن كان معنى ڤيروس فى اللغة اللاتينية هو : « السم » .

وللڤيروسات أهمية فى دراسة الوراثة لأنها تحتوى على جينات — وتسلك سلوك الكروموسومات . ويعتقد العلماء أن دراستها لا تزودنا بمعلومات أكثر حول الوراثة فحسب ، بل تهيىء لنا فرصة أكبر فى مكافحة المرض وعلاجه .



تكاثر القيروسات فى خلية حية . وفى هذه الصورة المأخوذة عن ميكروسكوب إلكترونى تظهر القيروسات مكبرة ٦٠٫٠٠٠ مرة .

وفى الواقع فإن القيروسات تهم علماء الوراثة كما كان نبات البازلاء يهم مندل وذباب الفاكهة بالنسبة لمورجان .

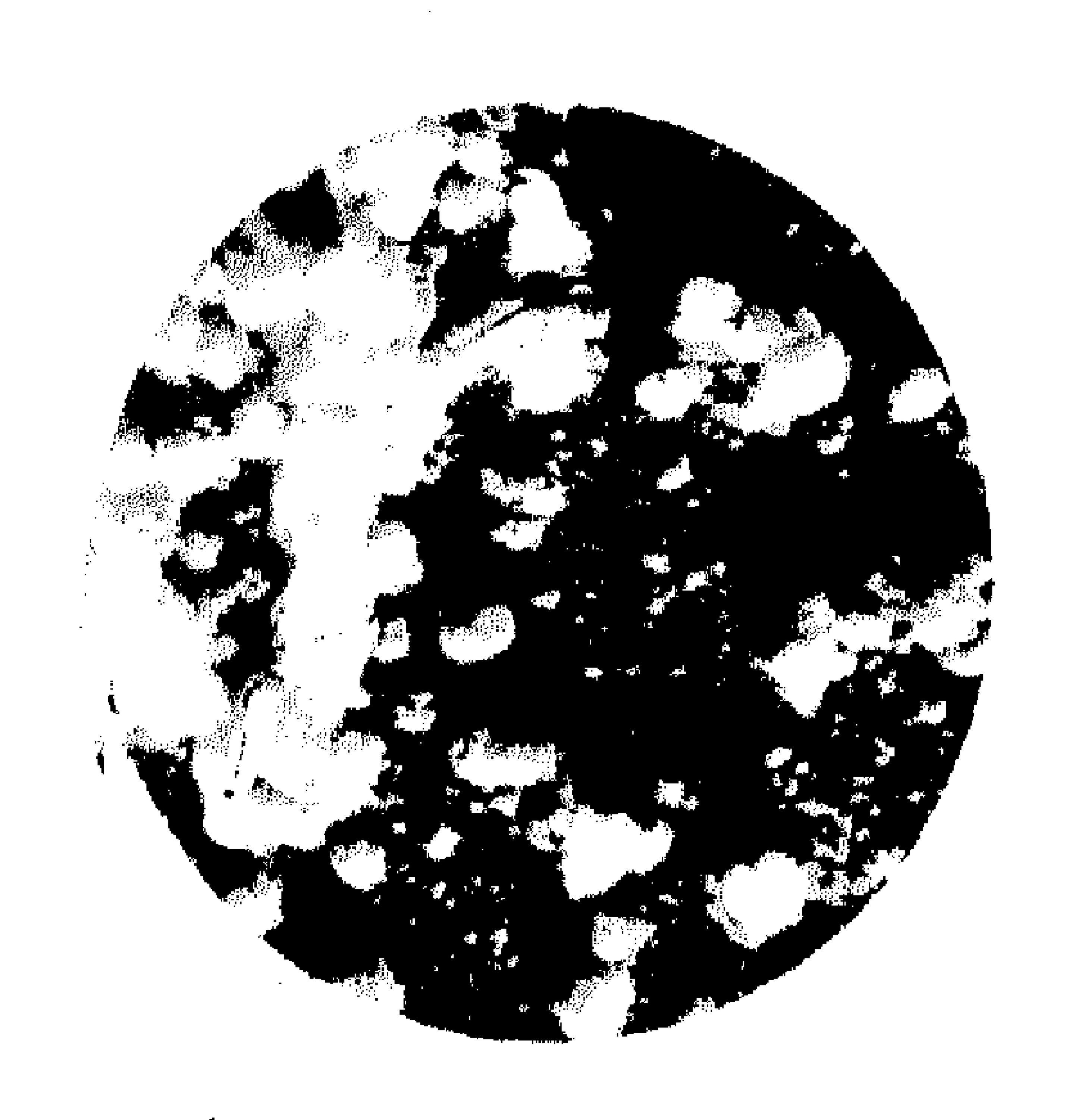
والقيروسات وحدها عديمة الضرر ، ويمكن أن تبقى قروناً خالية من الحياة كجسيم هبابى أو ذرة من الرمال .

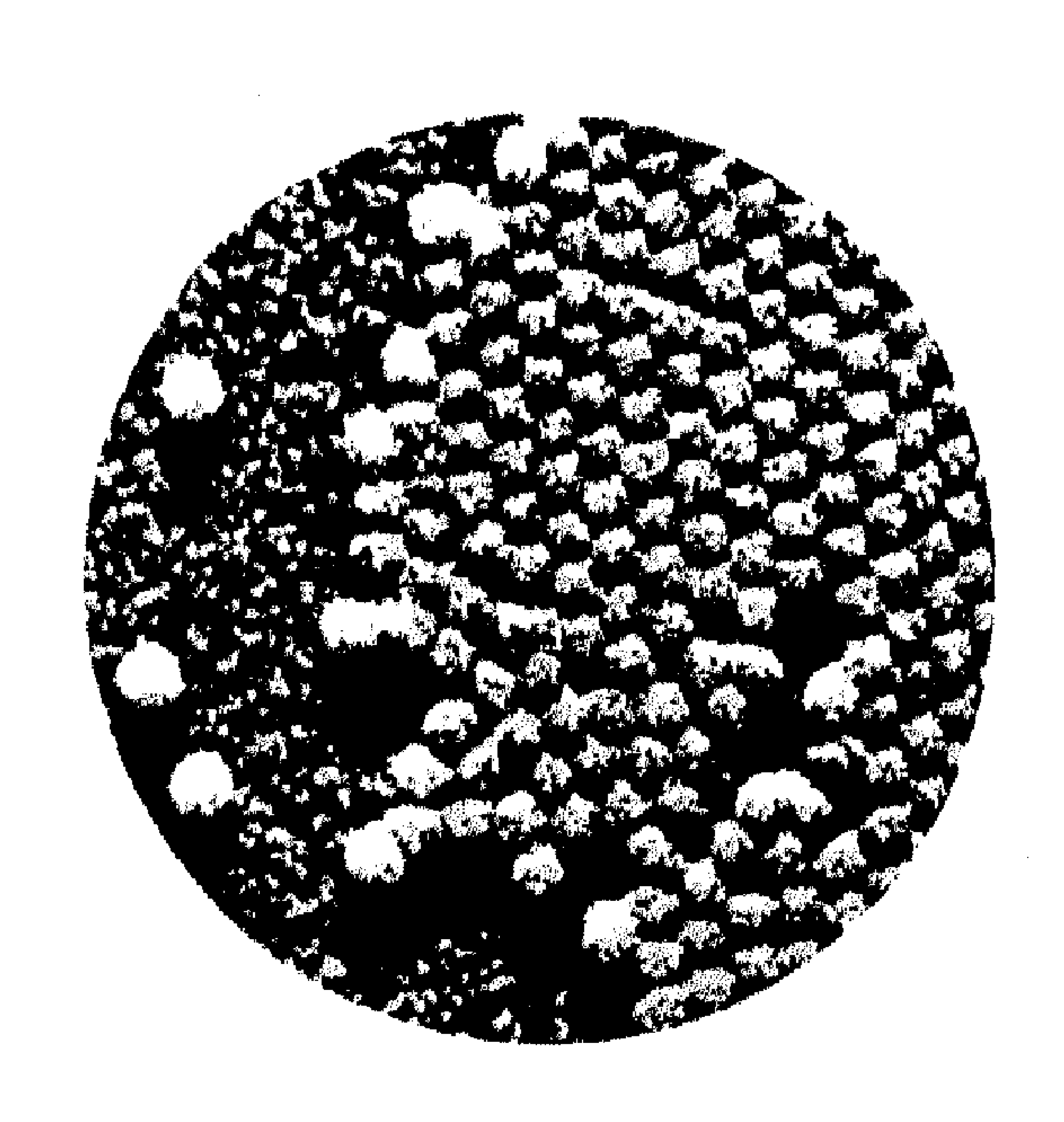
ولكن عندما يتغلغل القيروس داخل خلية حية فإنه يحرمها من مواردها ، وعندئذ يجعل الخلية طوع أمره . وفى خلال ساعات تتوقف الخلايا عن أخذ احتياجاتها بسبب تكون آلاف من القيروسات الجديدة . ويحتل كل ڤيروس جديد خلايا أخرى .

وتسمى حالة الغزو التدريجى للخلايا بالعدوى . وما لم تتغلب الخلايا على تلك العدوى فإن مصيرها الموت .

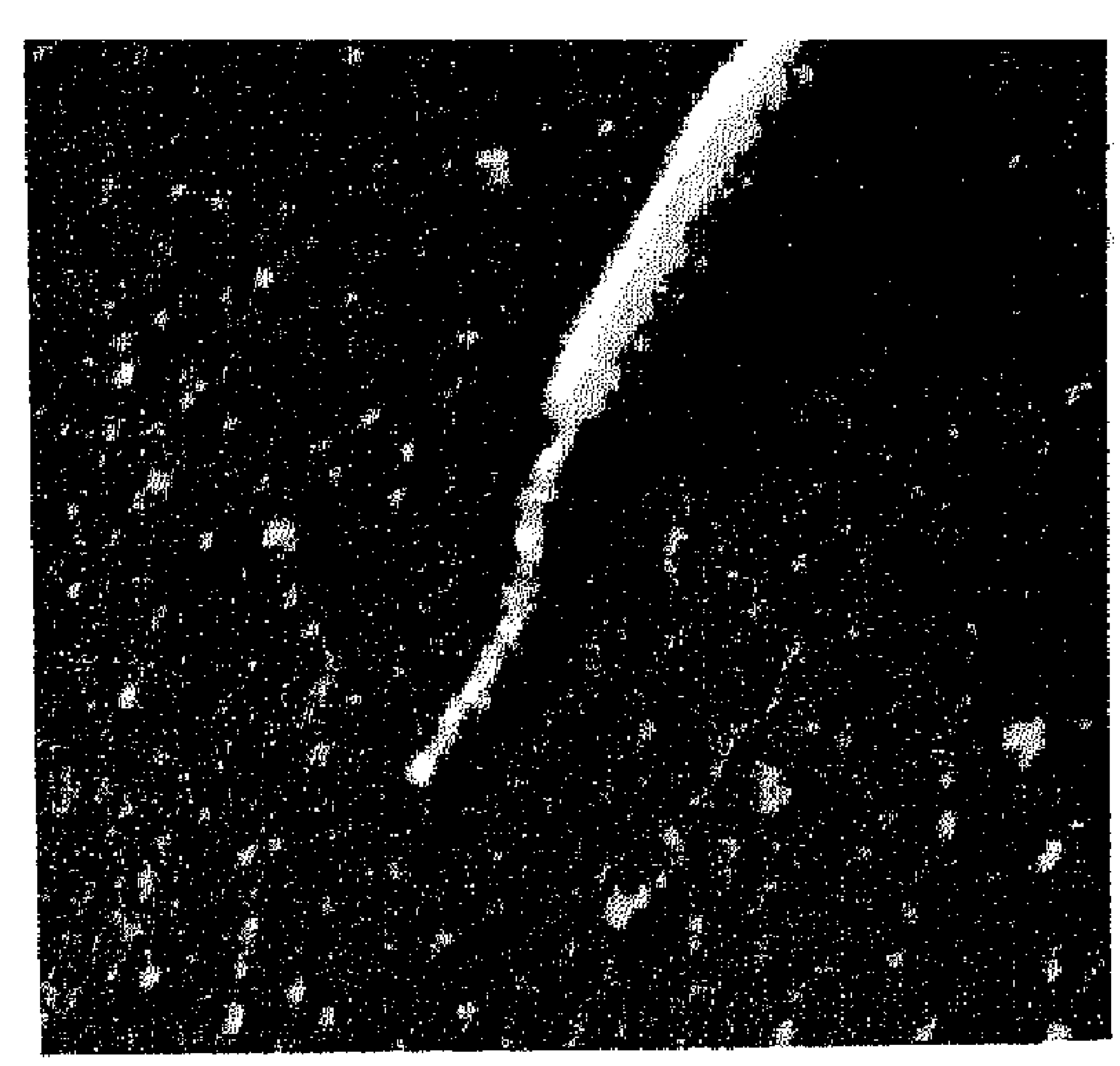
ومن حسن الحظ فإن التلف الذى تسببه الڤيروسات كثيراً ما يكون مؤقتاً . إذ أن معظم الكائنات الحية لها من الوسائل ما يمكنها من قهرها .

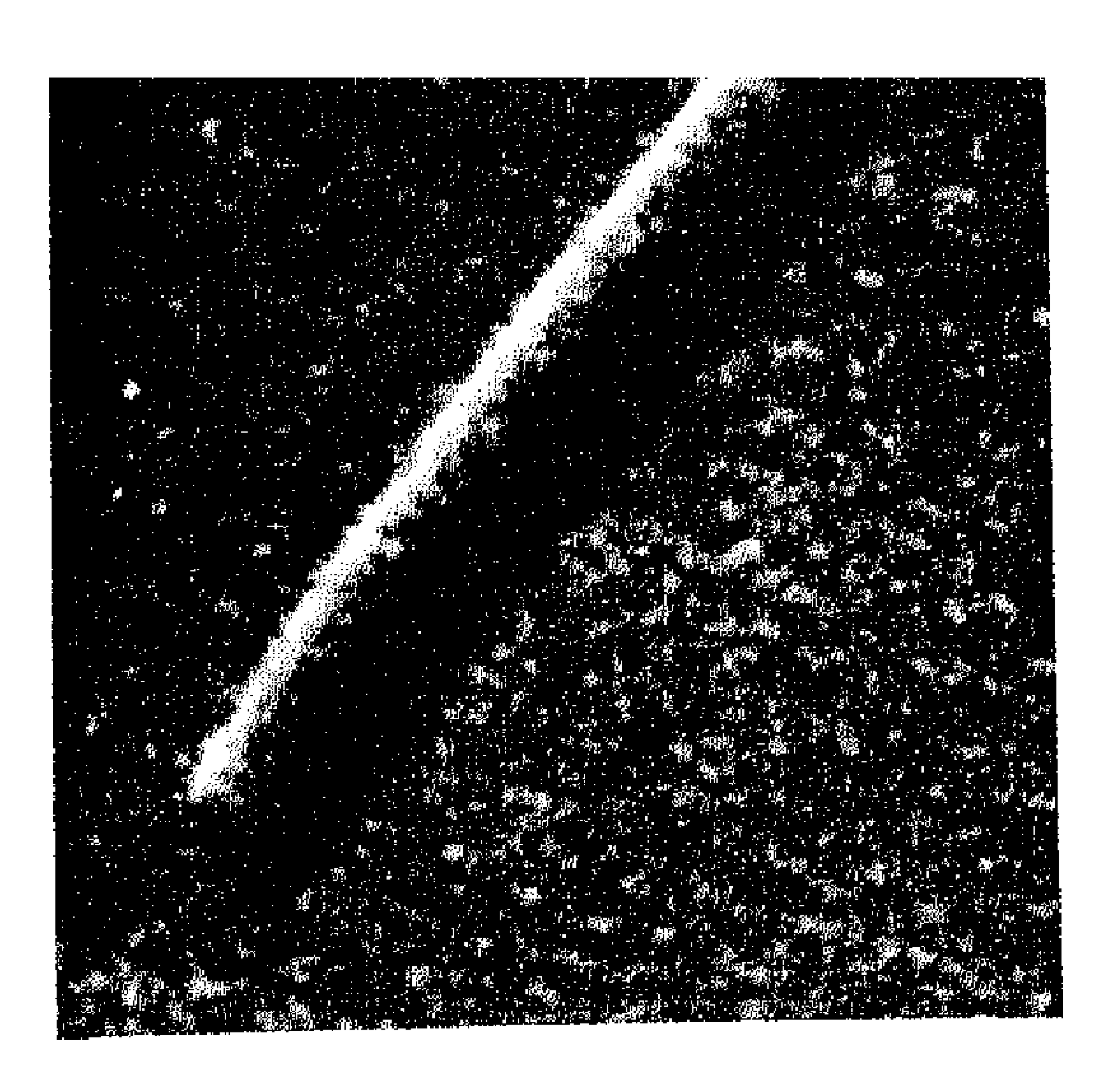
وتعرف الڤيروسات باسم المرض الذى تحدثه ، وذلك لكثرة ما تسببه من أمراض . ومن أمثلة ذلك شلل الأطفال والحصبة والغدة النكفية ونزلات البرد . كما أن ڤيروسات النبات شديدة الإتلاف ؛ إذ تسبب خسائر فادحة تقدر بملايين الجنيهات سنوياً ، إذ تصيب محصولات الدخان والطماطم والجزر والكرفس والخس وغيرها من النباتات .





إلى أعلى — ڤيروس الأنفلونزا مكبراً ٣٠,٠٠٠ مرة والصورة اليمنى ڤيروس شلل الأطفال مكبراً ١٦٠,٠٠٠ مرة.





الصورة اليسرى — ڤيروس مرض الدخان . وفى الصورة اليمنى المأخوذة من ميكروسكوب إلكترونى خاص نرى الڤيروس ، وقد تجرد جزئيا من الطبقة البروتينية المحيطة به .

وكان أول من عرف مقدرة الڤيروسات على مهاجمة الخلايا هولندى يدعى مارتينوس وليم بييرنك ، وذلك عام ١٨٩٨ وقد اعتبر تلك الڤيروسات « كائنات حية وبائية على شكل سائل » . أما الآن فنعرف أنها أجسام صغيرة تتحرك عن طريق تحرك الذرات فى السوائل .

وبقى تركيب الڤيروسات مجهولا لمدة طويلة حتى عام ١٩٣١ عند ما أخذ عالم أمريكى يدعى وندل ستانلى فى طحن طن من الدخان المصاب بڤيروس مرض الدخان لإجراء بحوثه عليه . وكانت أوراقه مبرقشة ومنتفخة وبعد إجراء سلسلة طويلة من البحوث أمكن ستانلى أن يثبت أن الڤيروس المسبب للمرض يكاد يكون بروتينا صرفاً، وعلى ذلك فاز بجائزة نوبل ،ومن المعروف الآن أن كل الڤيروسات تحتوى على بروتين .

وفى عام ١٩٣٧ وجد أن الڤيروسات تحتوى على أشياء أخرى فقد وجد بها حمض النيوكلييك — إما د ن أ ، أو ر ن أ — وذلك حسب نوع الڤيروس .

ويحيط البروتين بالڤيروس كرداء واق . يخلع عند دخول الڤيروس الخلية .

وعندما يتهيأ للعمل فإن حمض النيوكلييك يشبه إلى حد كبير الكروموسوم — مجموعة جينات . وهكذا يكون مع الخلية . ويستطيع الفيروس بطرق لم نصل بعد إلى معرفتها أن يصير جزءاً من جهاز الخلية الوراثى ويرغمها على تكوين ڤيروسات جديدة .

وأثناء هذه العملية تصنع أشكال عديدة من كل من الرداء البروتينى وحمض النيوكلييك ولا تكون كلها سليمة . ففى كل ١٠,٠٠٠ مرة تقريباً يحدث خطأ خلال تكرار العملية يؤدى إلى طفرة ، وينتقل هذا الخطأ إلى الڤيروسات المتتابعة . فالڤيروسات لها قدرة على التغير كالنبات والحيوان سواء . ولكن لا يحدث هذا التغير إلا فى حالة وجودها داخل الخلية الحية .

والطفرة ليست الوسيلة الوحيدة لتغير الڤيروسات ، إذ يمكنها التغير بتبادل الجينات الذى هو شكل بدائى للتكاثر الجنسى . وفى بعض الأحيان يهاجم نوعان من الڤيروسات نفس الميكروب . وإذا حدث ذلك فإن هذه الڤيروسات تتبادل حمض النيوكلييك . وتكتسب الأجيال التالية من الڤيروسات بعض الصفات من كل أب ، وكذلك الأجيال التى تأتى من بعدها .

وتوضح لنا هذه التغيرات لماذا كان ڤاكسين الإنفلونزا غير فعال فى وقايتنا من هذا المرض ؛ إذ أن التحصين الذى كان سيمدنا به هذا الڤاكسين إنما كان ضد ڤيروس ذى نوع خاص فى ردائه البروتينى . فإذا تغير التركيب الكيماوى لهذا الرداء فإن التحصين لا يمنع السلالة الجديدة من ڤيروس الإنفلونزا من مهاجمة خلايا أجسامنا . أى إن السلالة من هذا الڤيروس التى كان من المفروض هلاكها يمكنها أن تبقى .

على أن التغير فى الڤيروسات ليس دائماً بالشىء الضار لنا . وقد تمكن العلماء من استخدام مواد كيموية لإحداث الطفرة فى بعض الڤيروسات فتصبح أقل ضرراً لنا مما كانت عليه ، ومن أمثلة ذلك الڤيروس المستعمل فى اللقاح الحى لمرض شلل الأطفال .

لقد أسهبنا فى الحديث عن بعض الڤيروسات التى تهاجم الخلايا ، ومن ثم تقضى عليها . غير أن هناك أنواعاً أخرى من الڤيروسات إذا دخلت خلية تغيرها وتتلفها ثم ترغمها على إنتاج مثيلات لها . ويعتقد العلماء أن هذا الإتلاف هو نتيجة إتلاف لأجهزة الخلايا التى تتحكم فى تكاثرها أو نموها ، ويشمل هذا الإتلاف على الأرجح حمض النيوكلييك فى كل من الڤيروس والخلايا .

وتستمر عملية إنتاج الخلايا المماثلة فتسبب هذه الڤيروسات السرطان الذى ما هو إلا نتيجة خلل كبير فى الخلايا . وبعبارة أدق يعتقد العلماء أن هذه الڤيروسات تسبب بعض أنواع السرطان ، وقد تسبب أنواعاً أخرى .

وهناك ڤيروس يسبب سرطان الدواجن . وعند حقن خلاصة منها من دجاجة مريضة إلى أخرى سليمة ينتقل المرض . وهناك أنواع أخرى من سرطان الڤيروسات فى الكلاب والضفادع والفئران والغزال وغيرها من الحيوانات .

ولم يمكن الاهتداء حتى الآن إلى الڤيروس الذى يسبب سرطان الإنسان ، ويعتقد العلماء أنه يبدو منطقياً أن الڤيروسات تسبب على الأقل بعض أنواع سرطان الإنسان .

والمعتقد حالياً أن د ن أ فى الڤيروس، وليس الرداء البروتينى هو المسئول عن هذا المرض . وقد ثبت ذلك من التجارب التى أجريت عام ١٩٦٠ بمعهد الصحة القومى بمدينة بشسدا بولاية ماريلاند .

وفى هذه التجارب أخذت كمية من الڤيروس من فأر مريض بسرطان الدم وفصلت مادة د ن أ من الرداء البروتينى ، ثم وضعت فى أنابيب اختبار بها أنسجة حيوانية « وشوربة مغذية » . وعندما حقن المادة المحتوية على هذا الڤيروس فى أنواع عديدة من الحيوانات كانت النتيجة تكوين حوالى ١٢ نوعاً مختلفاً من الأورام السرطانية . كما أصيبت بها مجموعة كاملة من فئران الهامستر المحقونة ، وذلك خلال ١٨ يوماً .

وأثبتت التجارب التى أجريت بمعهد سلون – كترنج لبحوث السرطان بنيويورك أن مادة د ن أ المستخرجة من ڤيروس بدون رداء بروتينى يمكن أن تكون معدية تنقل السرطان من خلية لأخرى .

ثم ماذا يحدث لو انعكست العملية ؟ لماذا لا تعالج خلايا سرطانية بمادة د ن أ مضادة أو ڤيروس مضاد كى يموت السرطان أو تعود الخلايا سليمة ؟ ويقوم العلماء ببحوث لإمكان تحقيق تلك الاحتمالات .

وقد تم صنع بعض العقاقير التى يشابه تركيبها حمض النيوكليبيك لمنع الخلايا السرطانية من الانقسام العادى أو صنع بروتينات. وجاءت النتائج مشجعة للغاية ولو أن نجاحها كان جزئياً؛ إذ أن الخلايا السرطانية يمكنها أن تكتسب مناعة ضد العقاقير كما هى الحال فى الميكروبات .

ومن حسن الحظ أن هذه العقاقير ما هى إلا سلاح من الأسلحة العديدة فى مكافحة السرطان . فإن أخفقت بعضها نجحت الأخرى . وبرغم أن السرطان يعتبر من أخطر الأمراض فإنه ليس من الضرورى أن يكون قاتلا ، إذ أن نسبة الشفاء منه حالياً تعتبر أعلى مما كانت عليه من قبل .





الجينات والكروموسومات النقيصة

معظم الأمراض المعروفة لنا جيداً سببها عدوى ميكروبية . فالسل والسعال الديكي وحتى نزلات البرد العادية سببها الميكروبات أو الڤيروسات التي تهاجم أجسامنا . فإذا ما تغلبنا عليها كان الشفاء .

غير أن بعض الأمراض الأخرى كمرض سيولة الدم والبول السكرى لا تسببها ميكروبات أو ڤيروسات ، وإنما تسببها جينات مريضة كما سبق أن ذكرنا .

وكان أول من اكتشف ذلك طبيب إنجليزى هو السير أرشيبولد جارود عام ١٩٠٩ . وكان من أشد المعجبين بنظرية مندل . وكان من بين مرضاه بعض من أصيبوا بمرض نادر فتحول بولهم إلى اللون الأسود . واشتبه الطبيب فى أن سبب هذا المرض نقص فى أحد الإنزيمات اللازمة للاستفادة بأحد الأحماض الأمينية فى البروتينات . وظهرت المادة الملونة فى بولهم لأن أجسامهم لم تتمكن من هدم هذه المادة والتخلص منها . وتسلطت على جارود فكرة أن سبب العجز فى الإنزيم المطلوب إنما يرجع إلى خطأ موروث فى التحول الغذائى . ونسب ذلك إلى أحد الجينات المتنحية .

غير أن جارود كان يسبق زمانه كثيراً، إذ كان عهده قبل اكتشاف دور مادة د ن أ فى تحديد الوراثة وتجميع البروتينات بوقت طويل . بل لم يكن يعرف وقتئذ أن الإنزيمات هى بروتينات . ولم تثبت الفكرة بأن هذه الجزيئات الجبارة تقع تحت سيطرة الجينات إلا عام ١٩٤١ .

ثم جاء عالمان أمريكيان هما جورج و . بيدل أستاذ علم الأحياء بجامعة ستانفورد — وإدوارد ل. تاتوم إخصائى الكيمياء الحيوية وعكفا على دراسة الجينات وكيف تعمل . واختارا لذلك أحد الكائنات التى تحمل كلا من الجينات والإنزيمات ولكنها أبسط من ذباب الفاكهة ، وكان هذا الكائن فطراً يعيش على المواد المتعفنة الرطبة وهو عفن الخبز الأحمر المسمى نيوروسبورا .

وتتكاثر النيوروسبورا بطريقتين : أحياناً بالتكاثر اللاجنسى بانقسام الخلايا المعتاد . وأحياناً بالتكاثر الجنسى ، وذلك باتحاد خليتين تقابلان البويضة والمنية العاديتين .

وقد جعلت هذه الصفات من عفن الخبز الأحمر مادة نموذجية لإجراء التجارب التى صمم بيدل وتاتوم على القيام بها ؛ إذ أنه يعطيهما الفرصة لمعرفة كيف تقوم الجينات بعملها فى كل من حالتى التكاثر اللاجنسى والجنسى .

وباستعمال أشعة إكس قاما بشحن الفطر المتكاثر بالطريقتين بحيث يتعرض قليل من الجينات فى وقت معين للشحنة . وكانت النتيجة أن الفطر لم يتمكن من صنع المواد التى تلزم لاستمرار العمليات الكيموية داخل الخلايا . كما لم يتمكن الفطر من النمو أو التكاثر على غذائه الطبيعى .

وكان عليهما الآن استقصاء المواد الناقصة بالفطر بسبب تلف الجين أو الجينات . وأضاف بيدل وتاتوم مواد عديدة لغذاء الفطر كل مادة على حدة وأخيراً اهتديا إلى أن ڤيتامين ب ٦ هو المسئول عن هذا النقص .

وقد تكون النقص فى الفطر بسبب عدم وجود الإنزيم الذى يصنع هذا الڤيتامين. كما أن الفطر بدأ فى النمو بمجرد حصوله على هذا الفيتامين .

وقد أنقذ بيدل وتاتوم حياة الفطر بإعطائه مزيداً من الفيتامين الناقص فى غذائه ثم جعلا الفطر يتكاثر مع فطر آخر عادى . وعند ما ظهر النقص فى نفس الفيتامين فى بعض الأجيال الجديدة وجدا أنهما اهتديا إلى ما كانا يبحثان عنه . فإن العجز الذى أوجداه باستعمال أشعة إكس يمكن أن ينتقل من جيل إلى آخر كصبغة متنحية .

وهكذا ثبت أخيراً أن الجينات تحكم الخمائر وكيمياء البروتين وأن كل إنزيم أو بروتين يحكمه جين منفصل . وقد فاز بيدل وتاتوم بجائزة نوبل مثلما فاز بها العديد من العلماء الذين قاموا بأعمال رائدة .

وكان من الواضح أن أعمالهما كانت ذات أثر هام للإنسان كما كانت للفطر ، إذ ساعدتنا فى معرفة ماذا يحدث لأجسامنا عند ما تسبب الجينات الناقصة بروتينات ناقصة .

وهناك أشخاص ممن يطلق عليهم « أعداء الشمس » ذوو شعر أبيض وعيون باهتة للغاية . وهذه الحالة موجودة أيضاً فى الفيران والأرانب الماهقة . وسبب هذه الصفات التى يحملونها جين نقيص يسبب نقصاً إنزيمياً وعجزاً فى المادة الملونة للشعر والأعين والجلد .

وتضيع أنواع كثيرة من البروتينات بسبب الجينات النقيصة أو عدم وجودها مما يسبب المرض فى بعض الأحيان . وذلك لأن الإنزيمات والبروتينات الأخرى يعمل الواحد تلو الآخر بترتيب خاص . وفى حالة عدم وجود أحد الجينات أو النقص فى تركيبه فإنه غالباً ما تتوقف الخطوة التالية فى سلسلة التفاعلات الكيموية .

وكما كان يعتقد الدكتور جارود فإن سبب مرض البول الأسود هو انعدام أحد الإنزيمات ، وكذلك الحال فى بعض أنواع النقص العقلى وأمراض عديدة أخرى تحدث نتيجة فرصة اجتماع صفات متنحية وراثية . وربما يختلف المصابون بهذه الأمراض عن زملائهم الأصحاء بجين واحد فقط .

وهذا هو الشأن فى المصابين بمرض يسمى الفافزم (Favism) الذى ينتشر فى إيطاليا واليونان ، وهؤلاء المرضى مصابون بنقص فى أحد الإنزيمات التى تهضم بروتينات فول الفافا (Fava) وهو من الخضراوات المنتشرة فى منطقة البحر المتوسط والذى اشتق منه اسم المرض . فإذا تناولوا هذا الفول فإن كرات الدم الحمراء تصاب بتلف كبير وينتج عن ذلك أنيميا شديدة ، كما قد تحدث تلك الحالة من تناول عقاقير معينة .

طبيبان باحثان يأخذان عينة دم من أذن طفل لمعرفة ما إذا كان مصاباً بمرض ويلسون . وبسبب النقص التركيبى فى أحد الجينات ، يتسم المرضى به بالكميات الضئيلة جدا من النحاس الموجودة عادياً بالطعام . ويعالج المرضى بالعقاقير وغذاء خاص . (صورة عن وارمان نيويورك .)



وهناك مرض آخر من أمراض الدم وهو مرض «أنيميا الخلايا الهلالية» يسببه جين نقيص، وهو منتشر بكثرة بين الزنوج وبخاصة زنوج أفريقيا ويتسبب عنه تغييرات غير عادية فى شكل كرات الدم الحمراء. وليس المسئول عن هذا المرض نقصاً بروتينياً، بل تغيراً فى البروتين. فالمرض يؤثر فى جزيئات كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين الحامل للأوكسيجين. ونجد أن أحد أحماضه الأمينية من بين عدة مئات منها غير سليم تماماً.

ويمكن لهذه الأحماض الأمينية النقيصة أن تسبب بعض أمراض الدم الأخرى، ويتوقف ذلك على الأمكنة المصابة فى جزيئات البروتين. ويرجح أن يكون السبب هو الجين الموجه ومادة د ن أ.

ومما يلفت النظر فى مرض أنيميا الخلايا الهلالية أن المرضى المصابين به لديهم مقاومة ضد الملاريا كما هو مشاهد فى أجزاء عديدة من أفريقيا، ولذا يمكننا أن نعده نعمة مستترة.

وفى بعض الأحيان تتسبب بعض المشكلات الصحية من الكروموسوم بأكمله، وليس من جين واحد أو حمض أمينى. وهذا ما قد يحدث أثناء تكون خلايا البويضة عندما تعجز الكروموسومات عن الانفصال أثناء الانقسام الاختزالى. وتكون النتيجة أن إحدى الخلايا فى الانقسام التالى تحمل «كروموسوماً» إضافياً، أما الأخرى فتحمل أقل. وفى حالة إخصاب مثل هذه البويضة واستمرار الانقسام بها فإن الجنين يستمر إلى أن يولد الطفل بكروموسومات أكثر أو أقل. على أنه يندر أن ينمو هذا المولود إلى سن البلوغ.

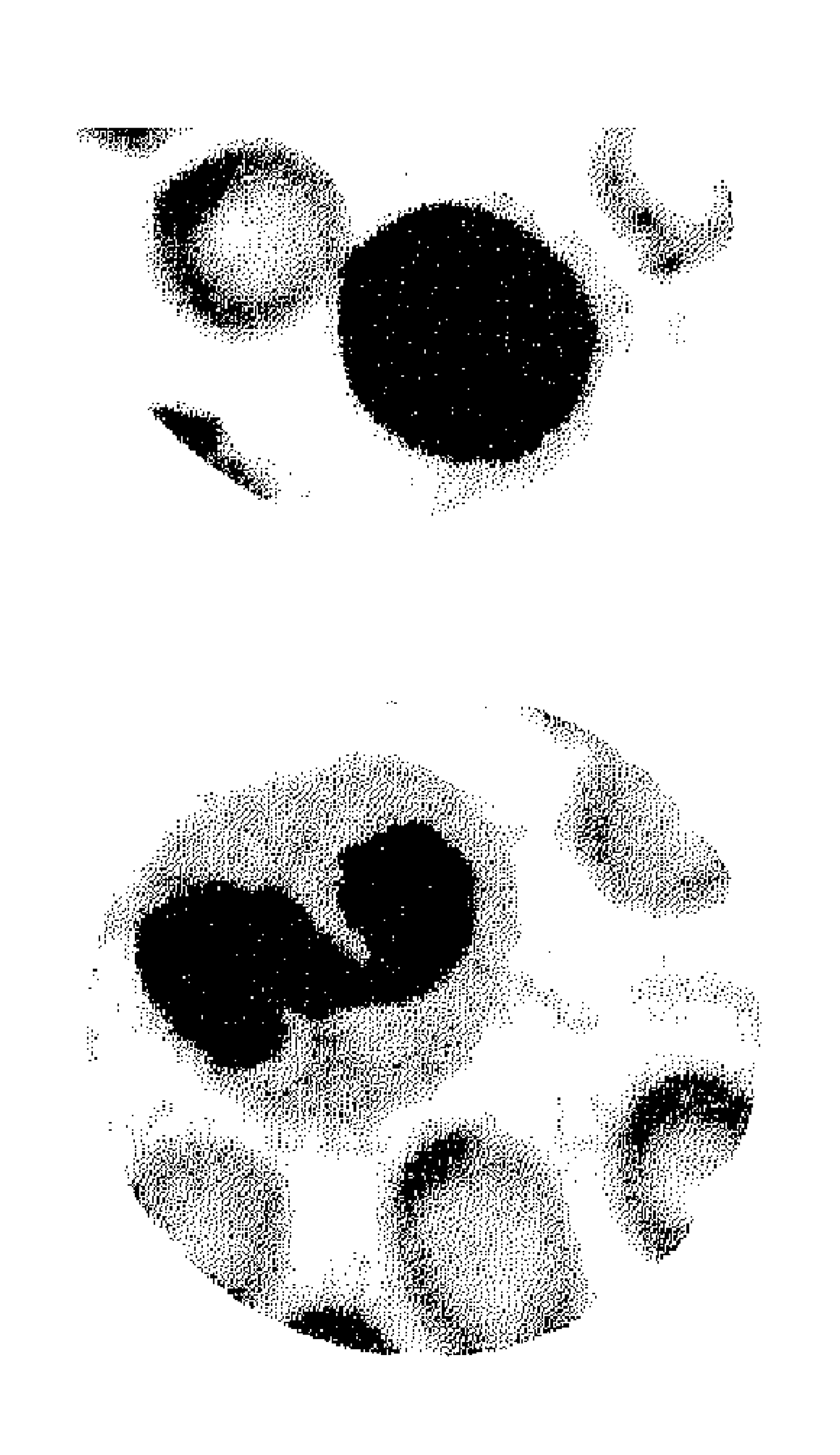
وبرغم قصورنا عن معرفة كيفية تصحيح الجينات النقيصة فإن الطب قد أحرز بعض النجاح فى الحد من العذاب الذى تسببه. ومن أمثلة ذلك مرض السكر لتعدد الإصابة به بين العائلات. وكان هذا المرض فيما مضى مميتاً. غير أنه يعالج الآن بنجاح بواسطة هورمون الإنسولين وأصبح المرضى به يحيون حياة طبيعية.

ومن الطبيعى أن مكمن هذا المرض هو مادة د ن أ ولا يمكن الإنسولين أن يغيرها ولكنه يعوض معظم التلف الناشىء .

وحتى بعض أنواع الخلل العقلى أصبحت أقل خطورة مما كانت عليه من قبل . فإن بعض هذه الأنواع يتسبب من عجز الطفل عن الاستفادة من بعض المواد الغذائية الموجودة بالطعام. والمسئول عن ذلك أحد الإنزيمات غير المتكاملة أو الناقصة بالجسم ، ومن ثم فإن اختبارات الكشف عن مصدر المرض أصبحت أمراً روتينياً فى مستشفيات الأطفال . فإذا ما اكتشف هذا النقص مبكراً فيمكن للطبيب أن يصف غذاء يستبعد منه المواد التى لا يمكن هضمها . وبذا يمكن للطفل الذى كان سيصبح مختل العقل أن ينمو طبيعياً وتكون درجة ذكائه طبيعية أيضاً .

وفى الوقت نفسه فإن أحد علماء الأحياء فى أوريجون نجح فى إحداث طفرة فى ذباب فاكهة مماثلة من الناحية الكيموية للعجز الوراثى الذى يؤدى إلى ضعف عقلى . وقد تساعد دراسة الذباب الذى استحدثت فيه هذه الطفرة فى معرفة طرق استئصال هذه الأمراض .

ويتطلع العلماء إلى الوقت الذى يصبح فيه ممكناً معالجة الأخطاء الموروثة فى التحول الغذائى حيث تبدأ فى أحماض النيوكليك . فإذا تم ذلك كان النصر حليفنا فى معركة الجينات النقيصة .



الحاجز المناعى

تعتبر مادة د ن أ جزيئاً يقوم بوظائف عديدة . ولأنها توجه بناء البروتينات فإنها تتحكم فى كل ما يتعلق بالخلية وما تقوم به من أعمال .

ومن بين ما تقوم به الخلايا أنها تميز ما تصنعه من مواد (أو ما تصنعه خلايا أخرى بالجسم) عن المواد التى تصنعها الكائنات الأخرى . ويرجح العلماء الآن أن ذلك ممكن بوساطة حمض النيوكلييك .

وقد ظهر ما ينم عن هذه الصفة المذهلة عدة سنوات قبل «ثورة علم الأحياء» منذ الأيام التى بدأ فيها الأطباء فى نقل الدم إلى هؤلاء الذين فقدوا كمية كبيرة منه ، فبدلا من أن يتحسنوا كان يموت كثير منهم ولم يكن سبب ذلك معروفاً لأحد .

وفى عام ١٩٠٠ اهتدى إلى السر عالم نمسوى يدعى كارل لاند ستينر هاجر إلى أمريكا فيما بعد . وقد اكتشف أن دم الإنسان ليس كله سواء بل ينقسم إلى أربع فصائل .

وليست كل فصائل الدم متوافقة، أو بمعنى آخر لا يمكن مزج أى نوع مع الآخر . وبمجرد أن صنف الأطباء أنواع الدم هبطت الوفيات الناتجة من نقل الدم هبوطاً ملحوظاً . وأصبح نقل الدم فى وقتنا هذا مأموناً ويجرى روتينياً فى كل المستشفيات .

وتسمى فصائل الدم التى اكتشفها لاندستينر أ،ب، أ ب، أو (A, B, AB,O) وترمز هذه الحروف إلى المواد المسماةِ بالانتيجينات التى تصنع بتوجيه مادة د ن أ والتى لا تتغير بسبب البيئة .

وعندما تسرى فى الدم الأنتيجينات المتولدة من نقل دم فصيلة متعارضة فإن الجسم يبعث بتنبيه إلى جزء من جهازه الوقائى وهو الجهاز الليمفاوى الذى يتكون من سلسلة من الغدد . ويتجاوب حمض النيوكلييك الموجود بالخلايا مع هذا الهجوم بتكوين كميات هائلة من الأجسام المضادة وهى مادة بروتينية . وعندما تسرى فى الدم تحطم الأنتيجينات الغريبة، وهذا التحطيم يسمى بالتفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة .

وبسبب التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة تجمع الكرات الحمراء بدلا من حركتها الطليقة مما يسبب تجلط الدم الذى قد يؤدى إلى الوفاة وليست أ ، ب ، أ ب ، أو هى العوامل الوحيدة المتوارثة التى تسبب الجلطة ، فقد اكتشف لاند ستينر وآخرون عوامل أخرى عديدة .

ومن أهم تلك العوامل عامل ر هـ (Rh) الـــذى يسبب وفاة كثير من الأطفال . ويسمى هؤلاء الذين يحملون عامل (Rh) فى دمائهم بإيجابيين (Rh) بينما الذين لا يحملونه بسلبيين لـ (Rh) . و(Rh) اختصار كلمة ريزوس (Rhesus) (وهى اسم نوع من القردة يوجد فى دمه هذا العامل) .

وعادة لا يسبب عامل (Rh) مشكلة إلا إذا تزوج رجل إيجابى (Rh) بسيدة سلبية لهذا العامل . وبسبب أن صـــفة (Rh) الإيجابية هى السائدة

فإن أطفال هؤلاء الإيجابيين يحملون نفس هذه الصفة فى دمائهم . ويكون الطفل الأول عادة سليماً . ولكن عند ما يأتى طفل ثان أو ثالث فإن الأجسام المضادة المتكونة من دم الأم تتصارع مع دم الطفل فإذا نجا الجنين وولد الطفل فإنه يكون عادة مريضاً .

ولحسن الحظ فإن نقل الدم السريع ينجى الطفل ؛ ففى خلال نقل الدم يحل الدم السلبى (Rh) الذى يشابه دم الأم محل دم الطفل الإيجابى وبذا تنتهى المشكلة .

ولا يكون مصدر التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة دائماً العوامل الموجودة بالدم ، فقد توصل العلماء إلى معرفة أن المواد الموجودة بأجزاء عديدة من كائن خارجى يمكنها أن تسبب تفاعلا مماثلا .

وكثيراً ما يرى الجراحون ضرورة زرع كلى أو رئات سليمة محل أخرى مريضة وذلك من بنوك تشبه بنوك الدم المعروفة . ولكن ما لم يكن كل من الواهب والموهوب متشابهين تماماً فى صفاتهما الوراثية فإن هذا الزرع لا ينجح .

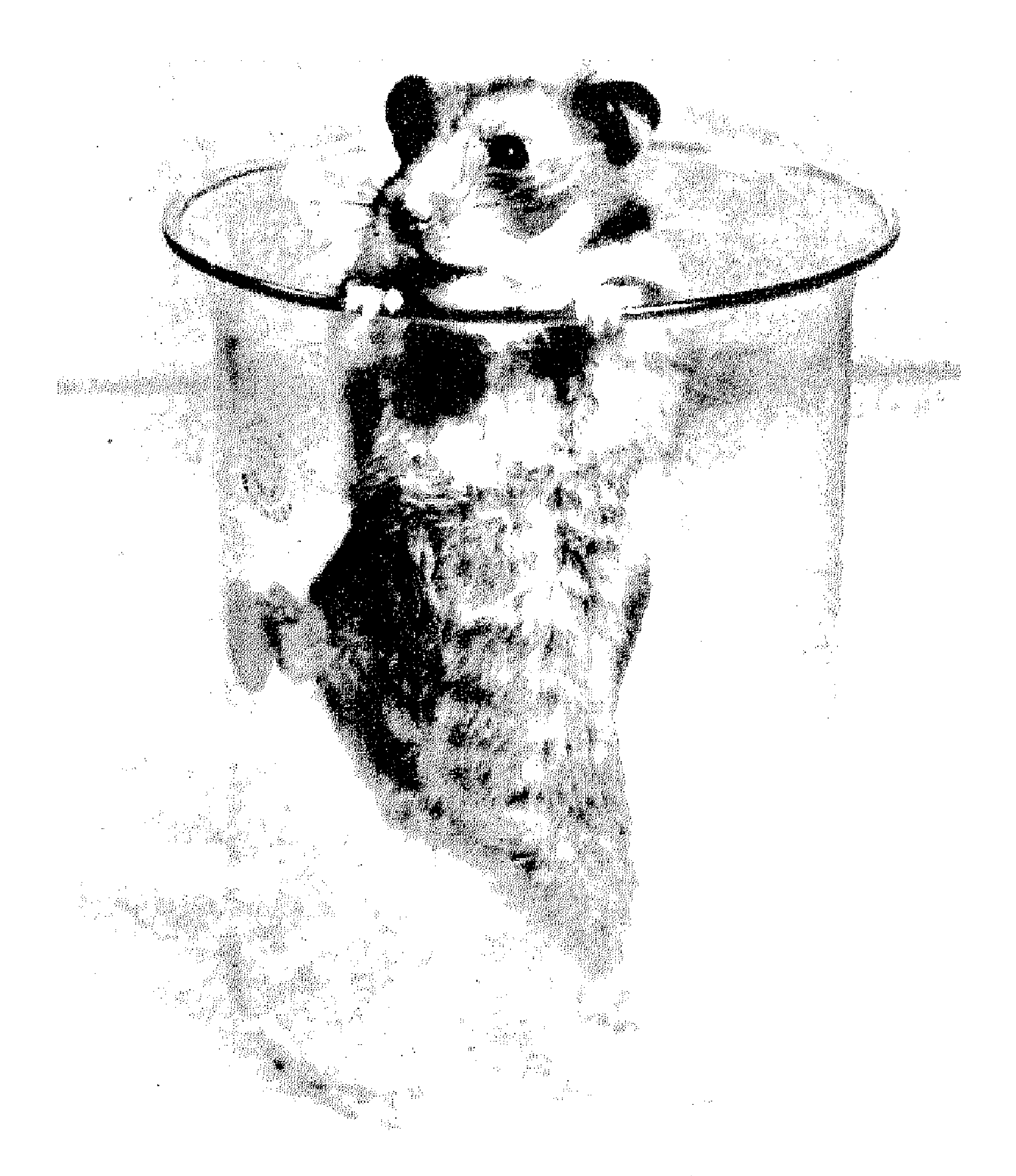
ويمكن لهذا الزرع أن يعيش فترة ما . ولكن بمجرد أن تنتج الخلايا الليمفاوية أجساماً مضادة كافية فإن الجسم يتخلص من هذا العضو أو الجزء المنزرع .

ويسمى هذا النوع من التفاعل الأنتجينى مع الأجسام المضادة بالتفاعل المناعى (immune reaction) الذى يشمل شيئين :

أولهما : مقدرة الجسم على تمييز البروتينات الدخيلة عليه .

وثانيهما : رفض الجسم أن يتحمل مثل هذه المواد بين خلاياه .

ولكن ما سبب هذا الحاجز المناعى ؟ هناك نظرية بأنها مسألة خاصة بمادة ر ن أ الموجودة بخلايا العائل الذى يزرع فيه العضو أو الجزء المطلوب زرعه . وكذا مادة ر ن أ الموجودة بخلايا العضو المنزرع نفسه . ومعروف أن مادة ر ن أ تحكمها مادة د ن أ . فمن الأرجح أن المسئول عن الحاجز المناعى هو مادة د ن أ الموجودة فى كل منا والتى تتميز بنظام قواعدها الفريد فى خلايا كل فرد على حدة والتى تكسب أجسامنا ملامحها الخاصة .



فئران الهامستر لها أهمية خاصة لدى العلماء الذين يدرسون الحاجز المناعى ، إذ أن أنسجة جيوب وجناتها تتقبل زرع أجزاء من الحيوانات الأخرى ومن الإنسان .

وتتقابل بروتينات العائل وبروتينات الجزء المنزرع فى مجرى الدم الذى ينقل المواد من خلية إلى أخرى . وهنا تلعب الخلايا التى يرسلها الجهاز الليمفاوى دور الجواسيس ، فهى تتحسس البروتينات الدخيلة من خلال التصميم الوراثى الموجود داخل النواة ، وسرعان ما تكتشف أن المواد المصنوع منها الجزء المنزرع لم تصنع من حمض النيوكلييك الخاص بها وأنه لابد أنها صنعت بتوجيه من مادة د ن أ من كائن آخر .

وعندئذ تسرع أجهزة صنع البروتين بالخلايا الليمفاوية إلى العمل . ويعتقد كثير من العلماء أن مادة د ن أ توجه ر ن أ فى صنع البروتينات التى تلائم الأنتيجينات الغريبة بطريقة تشبه ملاءمة المفاتيح لأقفالها . والأجسام المضادة هى المفاتيح التى تصنعها الخلايا الليمفاوية . وبمجرد سريانها فى الدم تبحث عن أنتيجينات الجزء المنزرع وتقيدها ثم تحطمها .

وهذا يشبه تماماً ما يحدث عند ما نتحصن ضد ڤيروسات شلل الأطفال أو الجدرى . فإذا ما هاجمت هذه الڤيروسات أجسامنا فإن الأجسام المضادة التى صنعتها خلايا الجسم نتيجة الحقن بڤاكسين شلل الأطفال أو الجدرى تهاجم تلك الڤيروسات وتطردها . غير أن التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة ليس عنيفاً كما هو الشأن فى زرع الأعضاء أو فى مرض شلل الأطفال أو الجدرى فهو فى الواقع تفاعل خفيف للغاية لا يسبب مرضاً .

ويوجه التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة غالباً ضد هجوم خارجى ، غير أن الغدد الليمفاوية تنتج أحياناً أجساماً مضادة تهاجم مواد مصنوعة من الخلايا نفسها . واكتشف العلماء أن ذلك يسبب أحد أمراض الغدة الدرقية وأنها تشمل أيضاً بعض حالات التهاب المفاصل . ويسمى هذا النوع من التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة بالمناعة الذاتية لأن الجسم فى هذه الحالة يهاجم نفسه .

وتدافع أجسامنا بقوة ضد مواد موجودة بالبيئة بصفة مستمرة مما يسبب نوعاً آخر من التفاعل الأنتيجينى مع الأجسام المضادة يعرف بالحساسية ، وتعتبر الحساسية ضد حبوب اللقاح والتى تعرف بحمى القش مثلا من هذه الحساسية . وكذلك الحساسية الزائدة من الصوف وشعر القط والمواد الأخرى . وتأتى الحساسية نتيجة دخول أو احتكاك أحد أنواع البروتين بالجسم وهو دليل على ارتباط مرض الحساسية بمادة د ن أ .



روبرت جود أحد العلماء الذين يستكشفون الدور الذى تلعبه الغدة التيموسية

ثم ما هو التفسير الصحيح لمقدرة الجسم على تمييز المواد الدخيلة عليه؟ وكيف يبنى حاجزاً يفصل بين خلاياه وخلايا كائن آخر ؟

لم يتمكن العلماء حتى الآن من إعطاء تفسير كامل لهذه الأسئلة ، غير أنهم توصلوا إلى معرفة أشياء هامة .

فنى عام ١٩٥٣ درس طبيب إنجليزى يدعى الدكتور بيتر مداوار ، وعالم أسترالى هو السير ماكفارلين بيرنت نظرية غريبة . فقد افترضا أن مقدرة الجسم

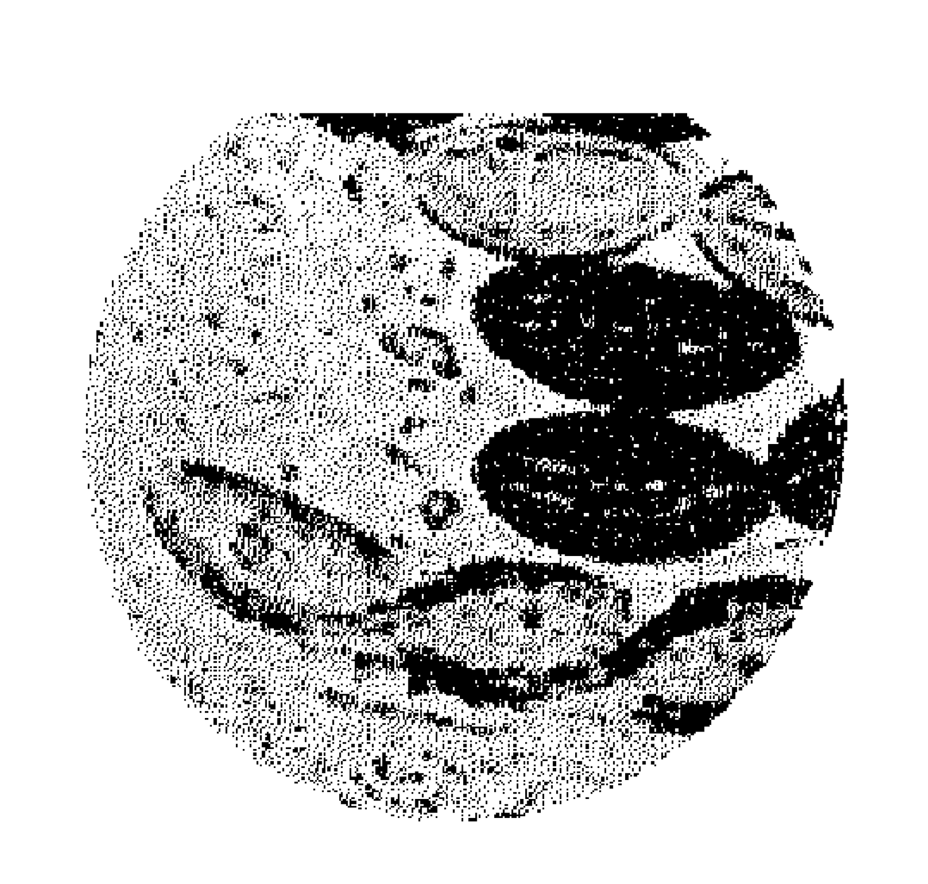
على التمييز تنشأ تدريجاً خلال نمو الجنين فى الرحم . وافترضا أن جينات الكائن الذى لم يولد وبيئته جسم الأم يتعاونان فى بناء الحاجز المناعى .

ولاختبار هذه النظرية أجريا تجارب على أجنة فئران بمواد مأخوذة من سلالة أخرى من الفئران . واستمرت الأجنة فى نموها حتى ولدت فئران طبيعية . وعندما نمت تلك الفئران أجريا عليها التجارب بأن زرعا فى كل فأر جزءاً منزوعاً من الفأر الذى سبق أن عولج معه وهو جنين ونجح هذا الزرع واستحقا عنه جائزة نوبل عام ١٩٦٠ .

وفى عام ١٩٦٢ توصل عالمان آخران يعمل كل منهما على انفراد إلى كشف خطير آخر ، وأحدهما إنجليزى هو جاك ف. أ. ب. ميللر بمعهد بحوث تشستر بيتى بلندن ، والآخر أمريكى هو روبرت أ. جود ويعمل طبيباً بكلية الطب بجامعة منيسوتا . وكان كل منهما مهتماً بدراسة الغدة التيموسية ، وهى غدة ذات فصين فى قاعدة العنق خلف عظمة القص . وكانت هذه الغدة مبعث حيرة العلماء منذ أمد بعيد بسبب كبر حجمها فى الأطفال ثم انكماشها تدريجاً . وبرغم أنها كانت تعد جزءاً من الجهاز الليمفاوى فإن وظيفتها كانت مجهولة .

وقد توصل ميللر وجود إلى حل هذا اللغز ، إذ توصل كل منهما إلى إثبات أن الغدة التيموسية تصنع الجهاز الذى يمكن الجسم من تمييز المواد الخاصة به من المواد الآتية من كائن آخر. ويبدأ هذا الجهاز فى العمل فى بدء الولادة أو ما حول ذلك حسب نوع الكائن . ثم يتحرك إلى الأجزاء الأخرى من الجهاز الليمفاوى حيث يتكاثر ويصبح قادراً على إنتاج الأجسام المضادة . وعند البلوغ تكون الغدة التيموسية قد أدت وظيفتها فتنكمش تدريجاً ويبطل عملها .

فإلى أين تقودنا هذه المعلومات؟ من الصعب التنبؤ . غير أن الأطباء يتطلعون إلى اليوم الذى يمكنهم فيه التحكم فى الحاجز المناعى فعندئذ سيمكنهم نقل أعضاء من شخص إلى آخر بسهولة .





الوراثة ومستقبلنا

عندما نستطلع تاريخ الوراثة تنكشف حقيقة غريبة ألا وهى أنه كلما كان الكائن الذى يدرسه العلماء بدائياً كانت أسراره أكثر تعقيداً .

فمن خلال تجارب نبات البازلاء المعروف أحرز مندل اكتشافه العظيم عن الصفات السائدة والمتنحية التى تعتبر حجر الأساس فى علم الوراثة .

واختيار مورجان لحشرة دقيقة كحشرة ذباب الفاكهة التى لا تحمل إلا قليلا من الكروموسومات أدى إلى إثبات أن الكروموسومات هى التى تحمل الجينات .

والفطريات تعتبر أبسط من ذباب الفاكهة . وقد استخدم بيدل وتاتوم فطر (عفن) الخبز لإثبات أن الجينات هى التى تتحكم فى بروتينات كيمياء الخلية .

والبكتيريا التى تعتبر أدنأ من كل هذه الكائنات استخدمها العلماء فوجدوا أن مادة د ن أ هى المادة التى تعتبر لب الجينات .

ونهبط أخيراً إلى الڤيروسات ، لب من حمض النيوكلييك محاط بالبروتين ؛

وأصبح العلماء على مستوى الذرات والجزيئات . ويتقدم علم الوراثة بسرعة مذهلة .
ثم ماذا بعد من اكتشافات ؟

وقد يكون من الغباء محاولة الإجابة عن هذا السؤال بالتفصيل . وليس فى وسع أحد أن يجزم بالإجابة ولا نملك الآن سوى التخمين .

فهل سيتوصل الإنسان إلى تقليد الحياة ؟ ليس لدينا الآن ما يؤكد ذلك . ولكن كلما زادت معلوماتنا عن أحماض النيوكلييك زاد اقترابنا من هذا الهدف .

فى عام ١٩٥٦ تمكن العالم الأمريكى أرثر كورنبرج الذى يعمل بالإنزيمات من جمع جزىء يشبه إلى حد كبير مادة د ن أ وفاز على ذلك بجائزة نوبل .

أرثر كورنبرج مع نموذج د ن أ وزوجته وهى أحد مساعديه .

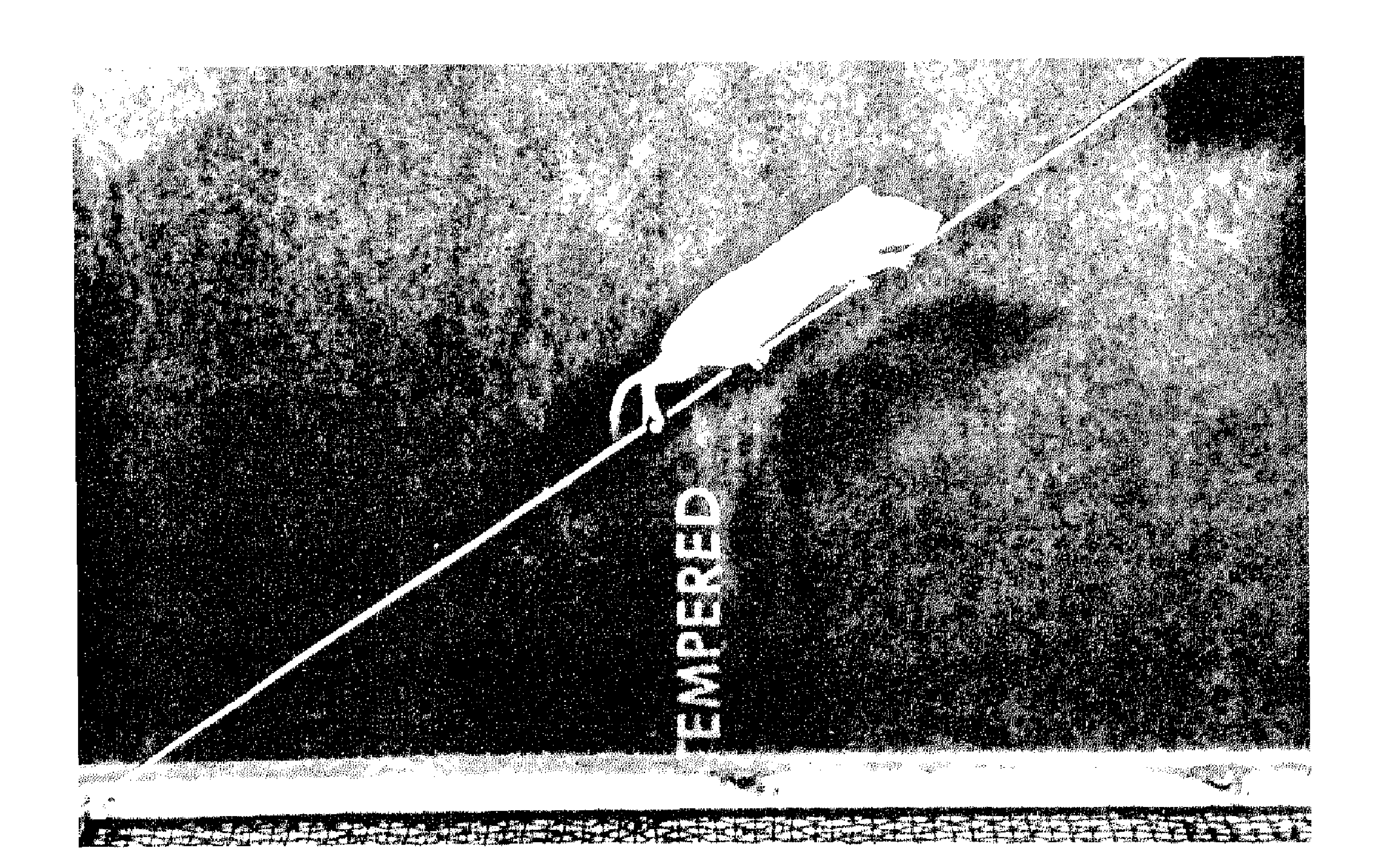


على أن هذا الجزيء لم يكن فى الحقيقة جزيئاً عاملا إذ لم ينسخ نفسه ، ولم يصنع مادة ر ن أ التى تجمع البروتينات . على أن هذا الفشل يحتمل أن يكون مؤقتاً فقط ،فقد توصل جماعة من الباحثين فى ويسكنسن وكولورادو حديثاً إلى إدخال صفات وراثية جديدة فى البكتيريا بمعالجتها بمادة د ن أ المصنوعة فى المعمل .

على أن مادة دنأ المذكورة لم تكن من صنع الإنسان تماماً ، لأنه تم جمعها من مواد مركبة مأخوذة من ميكروبات أخرى . على أن نجاح تلك التجارب قد يجعل فى الإمكان صنع مادة د ن أ الفعالة من مواد كيموية بسيطة ، وأن هذا الجزيء المصنوع قد يسلك سلوك د ن أ الطبيعى .

وسيكون ذلك بالنسبة لعلم الأحياء ، كتفتيت الذرة بالنسبة لعلم الفيزيقا . وذلك لأن الجينات وأحماض النيوكلييك الخاصة بها تعتبر ذرات الحياة ، وإذا تمكن العلماء من وصفها أو تعريفها فستتحقق عجائب لم تكن تخطر فى البال. وقد ينتشر استعمال أحماض النيوكلييك المخلقة فى علاج أمراض السرطان والسكر وغيرها ، كما ينتشر استعمال البنسلين حالياً . وربما يمكّن د ن أ الخاص الجراحين من أن يتقبل الجسم نقل وزرع أعضاء كالكلى والرئة من إنسان إلى آخر . وربما يمكن علاج مادة د ن أ التى فى المريض ، أو تلك التى فى خلايا المادة المنزرعة أو الاثنين معاً ، وما زال الوقت مبكراً للتنبؤ بمثل هذه الأشياء .

وفضلا عن ذلك فإن د ن أ المخلق يجب أن يساعد العلم لحل مشكلات هامة أخرى ، فقد أحرز الطب تقدماً كبيراً وطال متوسط عمر الإنسان عن ذى قبل . وبمرور الزمن فإن الأنسجة والأعضاء الداخلية بالجسم تنهك وتبلى . ويعتقد البحاث أن ذلك قد يكون منشؤه إنهاك أحماض النيوكلييك الموجودة بالخلايا ويأملون معرفة ما يحدث فى مادة د ن أ فى الأشخاص المسنين حتى يمكن استعادة كفاءتها . بل يتنبأ بعض العلماء أن متوسط الأعمار فى الأجيال القادمة قد يزيد بمعدل ٣٠ أو ٤٠ سنة عما هو عليه الآن .



درب عالم سويدى يعمل على مجموعتين من الفئران مجموعة منها على بعض الألعاب كالمشى على حبل مشدود . ثم قام بقياس مادة ر ن أ فى أمخاخ كل من المجموعتين فوجد أن مادة ر ن أ تزيد فى أمخاخ الفئران المدربة .

وبازدياد متوسط العمر سيزيد سكان العالم ، وهذا يعنى أن العالم سيحتاج إلى إنتاج غذاء أكثر من أرض أقل مساحة . ولطالما اعتمدت الزراعة على العلم لتحسين المحصولات ، ولكن الأمر هنا ستصحبه الضرورة الملحة . إن أحماض النيوكليك ربما تساعد فى جعل النباتات وحيوانات المزرعة أكثر إنتاجية عما هى عليه الآن . وبعد عشر سنوات من الآن قد يكون فى متناول الإنسان أنواع جديدة من الطعام غير موجودة حالياً .

وإذا كان ذلك هو الشأن فى مملكة الجسم فما بال مملكة العقل ؟ وهنا أيضاً تبدو المسألة مثيرة . ولم يتأكد أحد بعد مما إذا كانت أحماض النيوكلييك لها تأثير ما فى الذاكرة . ولكن يسود الاعتقاد بين كثير من العلماء بأن مادة د ن أ ربما تنتج جزيئات خاصة تخزن المعلومات تماماً كما تنتج البروتينات لهضم الطعام . وفى الواقع فإن هذه الجزيئات إن وجدت ربما تتحول إلى بروتينات أيضاً ، وإذا ما تذكرنا أن مادة د ن أ الموجودة فى خلية بشرية وحيدة تلتقط معلومات دائرة معارف مكونة من ألف مجلد فإن هذه الفكرة لا تبدو مستحيلة .

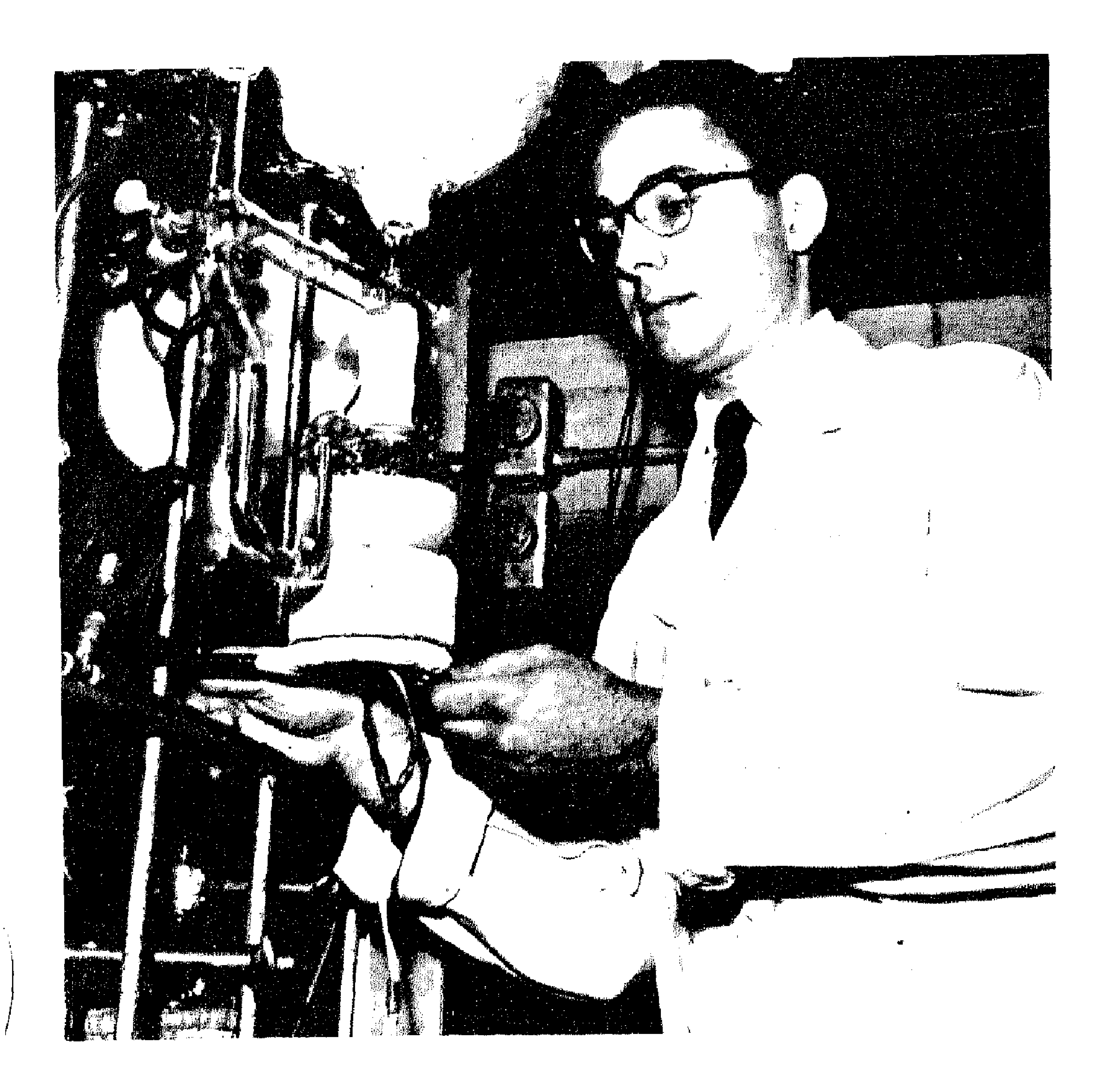
ثم ماذا نتوقع بعد ذلك ؟ بالتأكيد يمكننا أن نتوقع ما ليس بالحسبان فإنه بمجرد أن يجيب العلم عن سؤال سرعان ما تظهر أسئلة أخرى عديدة . إن صحة أفضل وطعاماً أفضل ، وربما ذاكرة أفضل ، قد تكون ثلاث فوائد فقط من الفوائد التى نجنيها من معلوماتنا المتزايدة فى علم الوراثة .

ويأمل العلماء فى التوصل إلى التفاصيل المجهولة عن مفاهيمنا الخاصة بالتطور . وقد عرف منذ زمن طويل أن كل نوع من النبات أو الحيوان يحمل بروتينات خاصة به . غير أن الباحثين اكتشفوا حديثاً أن جزىء الإنسولين فى كل من الحوت والخنزير متشابهان من الناحية الكيموية .

ومثل هذا الاكتشاف مع الاكتشافات الأخرى قد مكّن العلماء من اقتفاء أثر العلاقات التى تربط الكائنات الحية بمقارنتهم ببروتينات تلك الكائنات .

وحيث إن البروتينات تحكمها بطريقة مباشرة أحماض النيوكلييك فإن مثل هذه المقارنات قد تجعل من الممكن معرفة أى الأنواع لها جينات متشابهة .

وكان مما استكشفه العلماء فى وقتنا هذا أيضاً كيف بدأت الحياة على الأرض ؛ ففى عام ١٩٥٢ أجرى طالب الدراسات العليا ستانلى ميللر تجربة رائعة بجامعة شيكاغو بدأها بعمل مزيج من الغازات البسيطة التى يظن أنها كانت تسود الأرض قبل وجود أى حياة عليها ، ثم وضع هذا المزيج فى إناء من الماء ، ثم شحنه بالكهرباء . وبعد أسبوع من هذا البرق الصناعى الذى صمم على أن



ستانلى ميللر التى بينت تجاربه التى أجراها وهو طالب دراسات عليا كيف بدأت الحياة على الأرض .

يكون مشابهاً للإشعاع الشديد الذى غمر الأرض منذ بلايين السنين كان هذا المزيج يحوى نفس الأحماض الأمينية المعروفة الموجودة بالخلايا .

ولم يحن الوقت بعد للقول عما إذا كانت هذه التجربة أو غيرها يمكن أن تثبت كيف بدأت سلسلة الوراثة، ولكنها على كل حال تفترض أن الحياة لا بد أنها بدأت بداية بسيطة للغاية ، بل ربما من بداية مجردة من الحياة . وربما كان

داروين على حق أكثر مما تصور هو بخصوص التطور ؛ إذ من الأرجح أن الجزيئات التى تطورت منها الحياة تطورت هى نفسها من مواد كيموية بسيطة فى البحار .

ومنذ بلايين السنين لم تنشأ كائنات من مواد لم تكن فيها حياة من الأصل . ولكن هذا على الأرجح ما حدث عند بدء الحياة . وسيقترب العلماء من هذا الهدف إذا ما نجحوا فى صنع مادة د ن أ .

وهكذا ، قد تنتقل الحياة فى كوكبنا هذا من سيطرة الطبيعة إلى سيطرة الإنسان . وإنه لتحدٍّ مخيف ذلك الذى سيجرنا إليه العلم من جراء مثل هذه القوة العظيمة . فعلينا جميعاً أن نعمل على عدم إساءة استعمالها . فمن بين كنوز الأرض جميعاً ليس ما هو أثمن من الجينات التى تربط حياة اليوم بحياة الغد .

بعض الأحداث الهامة فى تاريخ علم الوراثة

عام ١٦٦٥ وصف روبرت هوك الخلايا فى مقاطع فلينية .

عام ١٦٨٣ اكتشف فان ليفنهوك البكتريا .

عام ١٨٣١ اكتشف روبرت براون نواة الخلية وأطلق عليها هذا الاسم .

عام ١٨٣٨ – ١٨٣٩ وضع ماتياس شليدن وتيودور شوان نظرية الخلية التى تقول إن كل شىء حىّ مكون من خلايا .

عام ١٨٥٥ وسع رودلف فيرشو دائرة نظرية الخلية وضمّنها أن كل الخلايا تنحدر من خلايا أخرى .

عام ١٨٥٩ نشر تشارلز داروين كتاب (أصل الأنواع) .

عام ١٨٦٥ قدم جورج مندل تقارير عن بحوثه الخاصة بالوراثة إلى جمعية التاريخ الطبيعى القومية فى برون .

عام ١٨٦٨ – ١٨٦٩ اكتشف فردريك ميشر أحماض النيوكلييك .

عام ١٨٧٨ – ١٨٨٢ درس والتر فلمنج مراحل الانقسام العادى .

عام ١٩٠٠ أكد ثلاثة علماء يعملون متفرقين صحة اكتشافات مندل وأعلنوا ذلك .

عام ١٩٠٢ اكتشف كارل لاندستينر أربع فصائل من دم الإنسان (أ ، ب ، أب ، و)* .

عام ١٩٠٢ اكتشف وليم س. ساتون أن الكروموسومات مكونة من جينات

عام ١٩٠٦ – ١٩١٧ أجرى توماس هنت مورجان ومساعدوه بحوثهم على ذباب الفاكهة واكتشفوا من خلالها ست صفات مرتبطة ، وكذلك وضعوا نظرية « عبور الجينات »* .

---

* كان لعلم الوراثة نصيب فى جوائز نوبل التى كانت تمنح منذ عام ١٩٠١ . وتشير هذه العلامة إلى علماء الوراثة الذين فازوا بهذه الجائزة .

عام ١٩٢٧ وجد هرمان ج . موللر أن استعمال أشعة إكس يحدث « طفرة » فى ذباب الفاكهة * .

عام ١٩٣٥ أثبت وندل م . ستانلى من خلال بحوثه على ڤيروس موزيك الدخان أن الڤيروسات تحتوى على بروتين .

عام ١٩٣٧ وجد أن الڤيروسات تحتوى على أحماض النيوكليك علاوة على البروتينات * .

عام ١٩٤١ اكتشف جورج و . بيدل وإدوارد ل . تاتوم من خلال بحوثهما على عفن الخبز أن الجينات تتحكم فى البروتينات الأساسية (الإنزيمات) اللازمة لنشاط الخلية الكيموى * .

عام ١٩٤٤ توصل علماء معهد روكفلر (أو . ت . أفرى وكولين م . ماكلويد وماكلين مكارتى) من خلال بحوثهم على البكتريا إلى معرفة أن الجينات مصنوعة من مادة د ن أ وليست من البروتين .

عام ١٩٤٦ توصل جوشوا ليدربرج إلى اكتشافات هامة حول عملية تنظيم المادة الوراثية فى البكتريا * .

عام ١٩٤٩ عرف أن بعض أنوية الخلايا فى السيدات وأنثى الحيوانات تحتوى على أشكال مستديرة لا توجد فى الذكور وتسمى بأجسام بار Barr نسبة إلى مكتشفها الكندى مورى بار .

عام ١٩٥١ توصل فردريك سانجر إلى معرفة تركيب جزىء الإنسولين * .

عام ١٩٥٢ تمكن ستانلى ميللر من الحصول على أحماض النيوكليك بشحن كيمويات بسيطة بشحنات كهربية .

عام ١٩٥٣ قام بيتر مداوار وسير ماكفارلاند برنت بدراسات هامة على الحاجز المناعى * .

---

* انظر الهامش فى الصفحة السابقة .

عام ١٩٥٣ قام جيمز ديوى واتسون وفرانسس هـ . س . كريك بعمل نموذج لجزىء د ن أ على شكل سلم حلزونى * .

عام ١٩٥٣ استعمل موريس هـ . ف ولكنز طريقة أشعة إكس الانعكاسية لتأكيد صحة نموذج واتسون — كريك لمادة د ن أ* .

عام ١٩٥٥ توصل سيفيرو أوشاوا إلى طريقة لصنع مادة ر ن أ فى المعمل * .

عام ١٩٥٦ توصل أرثر كورنبرج إلى طريقة لصنع مادة د ن أ فى المعمل * .

عام ١٩٥٦ قررج . هـ .تيجو وألبرت ليفان أن الخلية البشرية تحتوى على ٤٦ كروموسوماً .

عام ١٩٦٠ نشرت العالمة الإنجليزية مارى ليون نظريتها بأن أحد الكروموسومات من بين الاثنين الموجودين فى الخلايا الأنثوية ذو نشاط حيوى كامل — فى بعض الخلايا كروموسوم X المتوارث من الأم ، وفى الأخرى الكروموسوم X المتوارث من الأب . ويعتقد أن أجسام بار التى اكتشفت عام ١٩٤٩ تمثل كروموسومات X ذات الحيوية الضعيفة .

عام ١٩٦٢ اكتشف كل من جاك ف. أ. ب. ميللر وروبرت جود على انفراد أن الغدة التيموسية توجه بناء الحاجز المناعى .

عام ١٩٦١ — ١٩٦٣ توصل العلماء إلى تفسير الكلمات الأولى للقانون الوراثى .

رقم الإيداع	١٩٨١/٢٤٩٢
الترقيم الدولى	ISBN ٩٧٧-٧٣٤٦-٤٣-٣

١/٨١/٨٤

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع.)

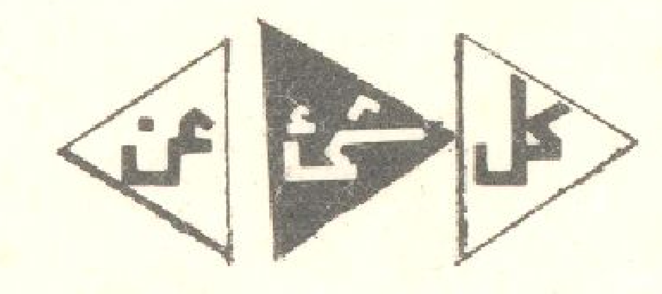
هذا الكتاب

كتاب قيم فى موضوع كثيرا ما أثار الاهتمام واستولى على التفكير . . . ماهى الوراثة ؟ كيف اكتشفت ؟ وما هى التجارب التى أجريت للتثبت من نظرياتها ؟ ماهى الكشوف العلمية الهامة التى تمت فى ميدانها ؟ . . . الخلية ، أثرها فى الوراثة . . . . والخلية كيف تنقسم وكيف تتكاثر ؟ . . . . ماهى الكروموسومات ماطبيعتها وما مصيرها ؟ . . . والجينات المختلفة فى الكروموسومات ماهى ؟ وما مدى اختلافها وما أثر هذا الاختلاف ؟

وينتقل الكتاب بعد ذلك إلى الثورة البيولوجية . . . . فيتناول الأسس الكهربية الحيوية التى تنظم عملية الوراثة وحقائقها النهائية . . . كما يتناول كيمياء التركيب الجزئى للمادة ووظيفة هذه المادة فى نقل الصفات المتوازنة .

كما يتناول الكتاب المركبات البروتينية وأثرها المباشر فى الخلايا .

إنه كتاب لابد أن يقرأ .



١ — الراديو والتليفزيون
٢ — عجائب الكيميا
٣ — الصحراء
٤ — النجوم
٥ — الأقمار الصناعية وسفن الفضاء
٦ — الجو وتقلباته
٧ — دنيا الحشرات
٨ — جسم الإنسان
٩ — الطيور
١٠ — المنطقتان المتجمدتان
١١ — البراكين والزلازل
١٢ — الغريب فى عالم الحيوان
١٣ — الكهرباء
١٤ — الحيتان
١٥ — أشهر المخترعين ومخترعاتهم
١٦ — البحر
١٧ — الأنهار العظيمة فى العالم
١٨ — البعثات العلمية الشهيرة
١٩ — الفراشات وأبو دقيق
٢٠ — الصخور المتغيرة
٢١ — الثعابين
٢٢ — إنسان ما قبل التاريخ
٢٣ — الوحوش الغريبة فى الماضى
٢٤ — الأدغال
٢٥ — الوراثـة

٩٠ ص